

Carencias y limitaciones que afectan al asentamiento de la realidad virtual como tecnología de referencia en la sociedad actual

Deficiencies and limitations that affect the settlement of virtual reality as a reference technology in current society

SÁNCHEZ-CABRERO, Roberto [1](#); NOVILLO-LÓPEZ, Miguel A. [2](#); ARIGITA-GARCÍA, Amaya [3](#); COSTA-ROMÁN, Óscar [4](#); BARRIENTOS-FERNÁNDEZ, Amelia [5](#) y PERICACHO-GÓMEZ, Francisco J. [6](#)

Recibido: 15/11/2018 • Aprobado: 21/02/2019 • Publicado 31/03/2019

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados y discusión](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

117 usuarios de realidad virtual describen cuáles son las principales carencias y limitaciones de los visores de realidad virtual actuales para que la realidad virtual logre asentarse como tecnología de referencia. Se concluye que la realidad virtual presenta pequeñas deficiencias en la actualidad, pero éstas son fácilmente superables y son compensadas por el gran potencial que ofrece esta tecnología. Se estima que la realidad virtual tendrá un crecimiento estable y una aceptación cada vez mayor en los próximos años.

Palabras clave: Realidad virtual; TIC; Nuevas tecnologías; Visores de realidad virtual

ABSTRACT:

117 virtual reality users describe the deficiencies and limitations of current virtual reality viewers so that virtual reality can settle as a reference technology. It is concluded that virtual reality presents small deficiencies at present, but these are easily surmountable and are compensated for by the great potential offered by this technology. It is estimated that virtual reality will have a stable growth and an increasing acceptance in the coming years.

Keywords: Virtual reality; ICT; New technologies; Virtual reality viewers

1. Introducción

Poco a poco, el concepto de realidad virtual se va haciendo más cotidiano en la sociedad occidental actual. No obstante, es relativamente complejo definir su significado con exactitud. Partiendo de unos requisitos mínimos, se podría definir la realidad virtual como el conjunto de técnicas y tecnologías que permiten la visualización de conceptos, objetos y acciones en tres dimensiones de una forma interactiva, con el propósito de generar una nueva realidad (Lanier, 2010). Por ende, se trata de una tecnología que permite estar inmerso en un entorno con objetos o escenas de apariencia real.

El hecho de que la simulación sea interactiva es lo que permite distinguir la realidad virtual de una simple animación. El rasgo fundamental que define la realidad virtual frente a la animación es, por un lado, la sensación exploratoria en tiempo real, que permite adoptar la dirección hacia dónde moverse en el interior del escenario o hacia dónde dirigir la mirada perdiendo la relación con la realidad exterior, al apreciar únicamente los estímulos de la realidad virtual, y, por otro lado, la interacción con los elementos que lo conforman, que permite poder interactuar con el mundo virtual por medio de diversos dispositivos (Faller et al., 2017).

Resulta complejo poner una fecha exacta a los orígenes de la realidad virtual. En este sentido, algunos filósofos de la Antigüedad, como Aristóteles, ya abordaron el concepto de las distintas realidades. Por lo tanto, aunque hoy en día se relaciona a la realidad virtual con la informática y la tecnología, conceptualmente siempre ha estado en el imaginario del ser humano y ha ilustrado y generado multitud de obras literarias y filosóficas (Heilig, 1962; Artaud, 1958; Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche y Plimmer, 2017). Se puede afirmar, por lo tanto, que alcanzar la simulación efectiva de realidades alternativas a la física, a modo de realidades virtuales, supone el mayor avance tecnológico de nuestra generación, y responde a sueños imposibles de muchas generaciones anteriores (Bonetti, Warnaby y Quinn, 2018).

Para poder hablar de los primeros antecedentes de la realidad virtual es necesario remontarse a mediados del siglo XIX, momento en el que Charles Wheatstone diseñó el estereoscopio, un sistema que logra dos fotografías prácticamente idénticas, cuya única diferencia radica en el punto de toma de la imagen, lo que hace que sean observadas por cada ojo de manera independiente, provocando que el cerebro las mezcle en una única imagen creando un objeto tridimensional (Wheatstone, 1838). Esta técnica sería la base de los primeros visores de realidad virtual, e incluso en la actualidad siguen empleándose dichos patrones –la visión estereoscópica es un elemento imprescindible en cualquier sistema de realidad virtual, pues es el único medio para hacer que los objetos tengan una fuerte presencia espacial (Castruccio, Genton y Sun, 2018).

Ya en el siglo XX, en la década de los años 30, aparecieron los primeros simuladores de vuelo que pueden interpretarse como una primera aproximación a las simulaciones y a la realidad virtual –en la actualidad, la industria armamentística es una de las principales inversoras en las investigaciones en realidad virtual–. Asimismo, en esta década se acuñó el concepto de realidad virtual en el ensayo de Antonin Artaud, “El teatro y su doble” (Artaud, 1938/1958). Aunque, se puede afirmar que la primera referencia moderna sobre la realidad virtual se recoge en la ciencia ficción, a través de Stanley G. Weinbaum (1935), autor del relato breve titulado Las gafas de Pígameo, obra en la que describía un sistema de realidad virtual con grabaciones holográficas y experiencias simuladas que incluían olor y tacto.

Habría que esperar hasta la mitad del siglo XX para que Morton L. Heilig (1962) comenzase a diseñar la primera experiencia virtual multisensorial. Con la apariencia de una máquina recreativa de videojuegos, el comúnmente conocido como Sensorama, combinaba película, audio, vibración, viento y olor, todo ello diseñado para hacer sentir al usuario el protagonista de la película. Las cinco experiencias contenían un viaje a través de Nueva York en motocicleta o bicicleta, una carrera con automóvil en una playa, un viaje en helicóptero sobre un barrio de la ciudad y un baile de salón con una bailarina. Como aún no existían los ordenadores, las cinco películas eran grabadas y reproducidas para el usuario. En realidad, todavía no existía una total interacción entre el usuario y el entorno, pues el usuario sólo era un mero receptor de las sensaciones.

Tomando como referencia a Marie Laure Ryan (2001), en su excelente recopilación de experiencias relacionadas con el origen de la realidad virtual, se puede afirmar que el primer proyecto de realidad virtual con el ambicioso proyecto de crear una realidad artificial que simulara a la física fue presentado por Ivan Sutherland (1965, citado por Ryan, 2001) tratando de crear un mundo que se vea en una pantalla y que parezca real, con sonido real, sentirse real, y que responda de manera realista a las acciones del espectador. Para Sutherland la realidad virtual no buscaba sino generar realidades con otras personas, es decir, realizar en todo momento experiencias cooperativas. Propuso así la solución definitiva para crear realidad virtual, que denominó como *The Ultimate Display*, un sistema que incluía gráficos interactivos, retroalimentación de fuerza, sonido, olfato y gusto. Se trataba, por tanto, de una nueva versión de un HMD (*Head Mounted Device*, dispositivo montado en la cabeza) con la particularidad de contar con una pantalla estereoscópica. Igualmente, estaba dotado de un sistema de posicionamiento mecánico que permitía conocer la dirección de la cabeza del usuario.

En 1971 apareció GROPE, el primer prototipo de un sistema de retroalimentación de realidad virtual (Ryan, 2001). Cuatro años más tarde, Myron Krueger (1975, citado por Ryan, 2001) diseñó *Videoplace*, un sistema en el que las siluetas de los usuarios capturados por las cámaras se proyectaban en una gran pantalla. En este sentido, los participantes podían interactuar entre sí gracias a las técnicas de procesamiento de imágenes, que determinaban sus posiciones en el espacio de una pantalla bidimensional.

Siguiendo con esta pequeña revisión histórica Thomas Furness (1982, citado por Ryan, 2001), en los Laboratorios de Investigación Médica Armstrong de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, desarrolló el Simulador de Sistemas Aerotransportados Visuales, un simulador de vuelo avanzado, prototipo de los que se utilizan actualmente.

No sería hasta 1984 cuando en la NASA se diseñase el primer HMD monocromo estereoscópico de bajo coste, VIVED, desarrollado por un grupo de investigación dirigido por Michael McGreevy (1984, citado por Ryan, 2001) –los primeros dispositivos que pretendían alcanzar la realidad virtual no aparecieron hasta finales de la década de los 80, aunque no llegaron a alcanzar lo que anunciaban en ningún momento (Brooks, 1999).

A principios de la década de los 90 apareció *Virtual Wind Tunnel*, sistema que hacía posible la observación y la investigación de campos de flujo. En 1991 SEGA anunció el SEGA VR para videojuegos arcade y su consola Mega Drive. Usaba pantalla LCD en el visor, auriculares estéreo y sensores de desplazamiento que reaccionaban a los movimientos de cabeza del usuario. Ese mismo año, *Virtuality* desarrolló el primer sistema de realidad virtual producido en masa y conectado en línea. En 1992 apareció CAVE, un sistema de visualización científica combinada con realidad virtual. En lugar de utilizar un HMD, proyectaba imágenes estereoscópicas en las paredes de una habitación. La realidad aumentada se lograría a través de un HMD transparente que superpone objetos tridimensionales virtuales a objetos reales. Gracias a su gran potencial, se convirtió en el centro de muchos proyectos de investigación a principios de la década de los 90.

Ya en este siglo, ocurrió el más comúnmente establecido como el primer paso hacia los primeros visores de realidad virtual capaces de generar realidades artificiales alternativas a la física a sus usuarios, la macroempresa tecnológica *Google* presentó *Google Street View*, un servidor que permite vistas panorámicas sobre una infinidad de geolocalizaciones y que, para lograrlo, escaneo en imágenes tridimensionales las principales calles y localizaciones de la mayoría de las ciudades más importantes del mundo.

No obstante, no ha sido hasta el inicio de esta década cuando se ha logrado vislumbrar los requisitos mínimos para hacer posible la realidad virtual (Menzies et al., 2016), pues hasta entonces todas las experiencias simulaban entornos tridimensionales relativamente complejos, pero no conseguían una mínima inmersión en el usuario en una realidad artificial (Wu, Liu, Wang y Zhao, 2015).

Se puede establecer al *Proyecto Oculus* (Oculus VR, 2012) como el primero en desarrollar experiencias de realidad virtual con unos requisitos mínimos que garanticen una inmersión suficiente para simular una realidad artificial alternativa al usuario. A partir de entonces se comenzó a entender que la realidad virtual era posible, pero que demandaba unas condiciones muy exigentes para la tecnología actual. En un ámbito más modesto, pero portátil, en 2014 Google anunció el proyecto *Cardboard*, mediante el cual se pretende construir un sistema de realidad virtual para teléfonos inteligentes (*Smartphones*) (Buñ, Wichniarek, Górski, Grajewski y Zawadzki, 2017).

Dentro de los primeros visores con capacidad real de presentar una realidad artificial ante sus usuarios, garantizando un mínimo de inmersión suficiente, se encuentra la publicación de dos kits de desarrollo de realidad virtual del *Proyecto Oculus*, antes de publicar su primera versión comercial en el año 2016, a la cual se sumaron otros proyectos importantes, como el de *HTC Vive* o el de *Sony PSVR* ese mismo año. Al año siguiente otros visores comerciales, como los apadrinados por Microsoft dentro de las siglas WMR (*Windows Mixed Reality*), se han ido comercializando, ampliando la oferta comercial de realidad virtual para el usuario de a pie.

Por lo tanto, a pesar de esta larga y rica historia de los esfuerzos humanos por alcanzar simular realidades artificiales alternativas a la física, solamente ha pasado un periodo inferior a dos años desde que los primeros visores de realidad virtual capaces de cumplir con tal objetivo han sido comercializados en España. En este tiempo esta primera generación de afortunados usuarios han podido probar esta nueva tecnología y han desarrollado un conocimiento sobre su aplicación real, esencial para determinar el uso práctico y cotidiano de esta tecnología tan ansiado a través de la historia por numerosas generaciones de mentes inquietas, filosóficas y científicas.

La investigación a la que hace referencia este estudio ha tratado de recoger esta información a través de la aplicación de un cuestionario diseñado para valorar y evaluar las experiencias de la primera generación de usuarios de realidad virtual en España con visores que garantizan una inmersión suficiente como los que han sido descritos anteriormente. El objetivo principal es describir cuáles son los principales impedimentos o frenos que contribuyen decisivamente a que la realidad virtual no se asiente definitivamente en nuestra sociedad o a que esté pasando un proceso lento de asentamiento.

2. Metodología

Después de solicitar y obtener aprobación del *Comité Ético de la Universidad de Nebrija*, se diseñó un cuestionario con 30 preguntas, 5 de las cuales tenían formato de respuesta abierta. Dicho cuestionario fue posteriormente validado por el *Comité Ético de la Universidad de Nebrija* y por un comité de expertos formado por 3 doctores investigadores. El cuestionario fue informatizado a través de *Encuestafacil.com*, añadiendo todas las medidas necesarias para garantizar la privacidad de los datos y el anonimato de los participantes (Ver adjunto).

A través del portal dedicado al ocio digital en español *Elotrolado.net* se distribuyó el cuestionario entre usuarios de visores de realidad virtual comerciales que garantizaban una adecuada inmersión en realidad virtual.

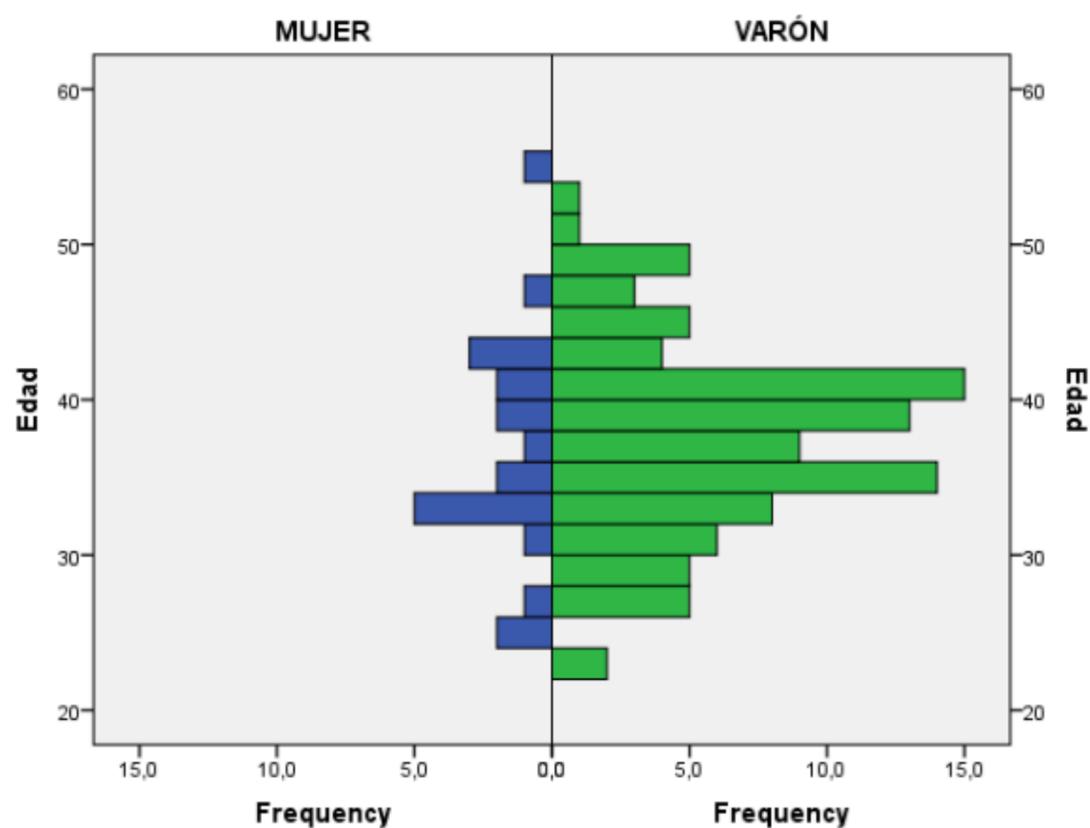
Posteriormente, se analizaron estadísticamente los resultados cuantitativos obtenidos, considerando distintas variables demográficas y de uso de la tecnología (sexo, edad, nivel de estudios, nacionalidad, tipo de visor poseído, frecuencia de uso y antigüedad como usuario) y se analizó con carácter cualitativo las respuestas abiertas sobre las carencias y limitaciones de los visores de realidad virtual actuales en cuatro grandes bloques de contenidos: Carencias asociadas a la tecnología, carencias asociadas a la innovación, carencias en aspectos ergonómicos y, por último, limitantes asociados a la accesibilidad de esta tecnología.

3. Resultados y discusión

Ha sido posible entregar 578 cuestionarios a usuarios de estos visores de realidad virtual y se ha obtenido 153 cuestionarios respondidos, de los cuales se ha eliminado 36 incompletos para dejar como definitiva la cifra de 117 cuestionarios completos y válidos; de los cuáles se ha obtenido información relevante sobre el uso de la realidad virtual en ambientes cotidianos entre usuarios en la sociedad española.

Por lo que respecta al análisis descriptivo de la muestra, en la Figura 1 puede observarse la distribución de la pirámide de la población en función de la edad y el sexo:

Figura 1
Pirámide poblacional de los usuarios de realidad virtual en España



Fuente: Elaboración propia

A continuación, la tabla 1 muestra la distribución de frecuencias según el nivel de estudios, nacionalidad, tipo del visor poseído, antigüedad en el acceso a la realidad virtual y frecuencia de uso.

Tabla 1
Distribución de frecuencias según las variables consideradas en el estudio

Nivel de estudios		Frecuencia	Porcentaje
	Primaria	3	2,6
	Secundaria	39	33,3
	Universitaria	49	41,9
	Postgrado	26	22,2
Nacionalidad		Frecuencia	Porcentaje
	Española	110	94
	No española	7	6
Tipo del visor poseído		Frecuencia	Porcentaje
	Móvil	26	22,2
	Consola	54	46,2
	PC	37	31,6
Antigüedad en el acceso a la realidad virtual		Frecuencia	Porcentaje
	Menos de un año	72	61,5
	de uno a dos años	35	29,9
	de dos a tres años	4	3,4
	Más de tres años	6	5,1
Frecuencia de uso		Frecuencia	Porcentaje
	Ocasionalmente	43	36,8
	Una vez a la semana	25	21,4
	varias veces a la semana	40	34,2
	Una o más horas cada día	9	7,7
TOTAL		117	100.0

Finalmente, se reflejan las conclusiones de esta muestra de 117 usuarios sobre las mayores carencias y problemas actuales asociados a la tecnología de la realidad virtual de los usuarios en la sociedad española actual en cuatro grandes bloques de contenidos: Carencias asociadas a la tecnología, carencias asociadas a la innovación, carencias en aspectos ergonómicos y, por último, limitantes asociados a la accesibilidad de esta tecnología.

3.1. Carencias asociadas a la tecnología

La realidad virtual está inevitablemente asociada al progreso tecnológico. Supone la creación de entornos artificiales de entornos artificiales con equipos informáticos simulando la realidad que una persona puede apreciar a través de sus sentidos, según la definición de realidad virtual de la Enciclopedia Británica, realizada por Henry E. Lowood (2015). Esto supone un limitante muy poderoso, puesto que la capacidad de apreciación de detalles de los sentidos humanos supera actualmente la capacidad de la tecnología para reproducirlos en varios aspectos, lo que deriva a la percepción de una realidad disminuida y en algunos casos, insuficiente.

Por lo que respecta a las pantallas, éstas actualmente presentan una serie de carencias que le alejan de lo ideal. En primer lugar, por lo que respecta a la resolución, los actuales equipos de realidad virtual comercializados carecen de la resolución idónea o perfecta para mostrar los detalles visuales de los entornos virtuales creados, siendo dificultoso, por ejemplo, leer un texto dentro de la realidad virtual (Pei-Luen, Jian, Zhi y Jiaqi, 2018). Ésta es una limitación de los equipos de realidad virtual actuales, no de la tecnología disponible en la actualidad para la creación de las pantallas, ya que es posible hoy en día la fabricación de pantallas con resoluciones 4k y 8k, muy superiores a la resolución de los actuales paneles (Kyung-Rok, et al., 2018).

La limitación en la resolución de los paneles provoca también un efecto indeseado conocido como el SDE (*Screen-Door Effect*) o en español "Efecto Rejilla", consistente en la percepción por parte del usuario de realidad virtual de los huecos entre píxeles de la pantalla. Esto ocurre por la cercanía del ojo a la pantalla y se soluciona en gran medida también con paneles a mayor resolución (Parikh, Zhuang, Pallister, Jiang y Smith, 2018).

No obstante, la resolución no es el único problema de los paneles visuales actuales. Otros efectos indeseados también suponen pequeños inconvenientes. El más conocido es el denominado *Glare* o deslumbramiento. Este efecto indeseado consiste en la dispersión de la luz que provocan los píxeles luminosos sobre los oscuros, generando un halo de brillo que contagia inadecuadamente la visión de los píxeles cercanos. Este efecto es mucho más acusado en escenas oscuras cuando se incluyen puntos brillantes, y se podría solucionar, nuevamente, con la aplicación de las últimas tecnologías en desarrollo en las pantallas, como la tecnología Oled (Kyung-Rok et al., 2018; Parikh et al., 2018). Otro efecto indeseado, sobre el cuál hoy en día todavía se debate en el ámbito científico, son las posibles secuelas a largo plazo a la exposición continuada a pantallas de espectro de luz azul (Shi, Richards, Shi, Ping y Tseng, 2018).

Otra carencia a nivel visual que presentan los visores de realidad virtual actuales está relacionado con el conocido como FOV (*Field of View*) o "campo de visión". El sentido de la vista humano, considerando la visión central y la periférica, es superior en amplitud al espacio mostrado en dichos visores, lo que provoca el efecto "gafas de buzo", que impide la visión de las zonas laterales o periféricas al usuario de realidad virtual, lo que reduce la sensación de inmersión total en la realidad virtual en el usuario. La solución a este problema pasa por ampliar las pantallas para que alcancen la visión periférica de la visión humana.

Como puede observarse, la mayoría de las carencias visuales en los visores actuales de realidad virtual son subsanables con las tecnologías actuales, aunque su solución choca frontalmente con otro gran limitante de la realidad virtual, que es el aspecto económico. Es necesario que el coste de la realidad virtual a nivel de usuario no sea disparatado o excesivo para popularizar y extender su uso, por lo que la solución de estos problemas es cuestión de tiempo; hasta que se abarate la producción de estas nuevas tecnologías y puedan incorporarse a los visores de realidad virtual futuros, sin suponer un sobrecoste sobre el usuario final.

Además de los limitantes visuales, la inmersión en una realidad creada artificialmente supone implicar a otros sentidos para favorecer su acercamiento a las condiciones reales de la vida humana. Sería necesario involucrar, por lo tanto, el sentido de la orientación, el equilibrio, el movimiento y el tacto, principalmente, para mejorar la sensación de inmersión.

Por lo que respecta a la simulación de la orientación, del equilibrio y del movimiento, ésta se consigue en los equipos de realidad virtual actuales captando la posición física del cuerpo del usuario mediante distintos sensores o cámaras de posicionamiento y movimiento. Dichos sensores realizan un Tracking o seguimiento de la posición del usuario, y sus cambios de posición en tiempo real, generando cambios en tiempo real en la imagen que envían los visores al usuario de realidad virtual. Esta no es una cuestión baladí, puesto que es imprescindible que este envío de información, conocido como latencia de respuesta, sea lo más exacta y rápida posible, ya que las posibles disonancias entre lo que capta el sentido de la vista, y el de la orientación y el equilibrio puede provocar mareo o náuseas en los usuarios de realidad virtual (Takeuchi, Mori, Suzukamo y Izumi, 2018).

La presencia de mareos y náuseas depende en los visores actuales de las condiciones fisiológicas del usuario y de su experiencia en realidad virtual y entornos tridimensionales, circunstancia que, además, se reduce con el tiempo de exposición a realidad virtual. Los sensores actuales de realidad virtual ya han reducido gran parte de estos efectos indeseados, pero aún existe un pequeño porcentaje de población que sigue padeciéndolos y requiere de un periodo de adaptación a los visores, por lo que todavía es necesario mejorar la velocidad y exactitud del tracking o seguimiento que se realiza, disminuyendo la latencia de respuesta, para que sea más exacto y capte movimientos más rápidos y variados (Takeuchi et al., 2018).

En relación al sentido del tacto, éste se consigue principalmente a través de controladores ubicados en las manos del usuario. Los controladores de los visores actuales varían en cuanto a calidad, pero tienen en común pretender simular los movimientos más importantes de las manos, como señalar, coger, abrir y cerrar la mano, levantar pulgar y girar las manos y la muñeca. No obstante, aún están muy lejos de reflejar con exactitud todos los posibles y más habituales movimientos de las manos, por lo que se trata de un aspecto que presenta un amplio margen de mejora.

Asociado al rendimiento de dichos controladores de manos, otro aspecto con un amplio margen de mejora es la interacción con el entorno. Ésta depende por un lado directamente de la calidad de estos controladores, pero, por otro lado, también depende de la capacidad del visor de provocar cambios en el entorno virtual asociado a dichos movimientos, como al coger un objeto virtual o balancearlo en el espacio virtual. Si ya los controladores no presentan un reflejo exacto de los movimientos de las manos, la situación se complica al combinarlo con una interacción del entorno en tiempo real. Si el usuario de realidad virtual percibe una disonancia palpable entre los movimientos que realiza en el mundo virtual y su respuesta se reducirá drásticamente la sensación de inmersión en el mundo virtual, por lo que es una carencia de gran relevancia para la mejora de los visores de realidad virtual futuros (Gorbet y Sergio, 2018).

Todo lo mostrado a través del análisis de las distintas carencias tecnológicas expuestas refleja la imperiosa necesidad que presenta la realidad virtual de un procesamiento informatizado de gran potencial gráfico y rapidez, puesto que, tal y como se ha expuesto a lo largo de este apartado, es necesario vídeo de gran resolución en los visores; con una alta tasa de imágenes por segundo además, puesto que el sentido de la vista humano es capaz de percibir disonancias visuales si no hay, al menos, unos 90 FPS (*Frames per seconds*, imágenes por segundo), y eso puede provocar la aparición de mareos y cefaleas en el usuario; también se requiere de captación de imágenes precisas y movimientos rápidos en los sensores y cámaras, reproducción instantánea de todos los cambios en movimientos y gestos del usuario de manera visual y captación de movimientos de manos con los controladores (Takeuchi et al., 2018). La combinación de todos estos procesos eleva los requisitos informáticos a niveles de equipos de procesamiento gráfico de alta gama y precio en la actualidad, por lo que es necesario abaratar costes en la producción de estos materiales para que la realidad virtual pueda acceder a todos los potenciales usuarios de ella en la sociedad actual. Nuevamente, se trata de una cuestión de tiempo, ya que el avance tecnológico en estos ámbitos ofrece en el mercado equipos cada vez más potentes y con una mejor relación potencia-precio que satisfagan estos requisitos.

3.2. Carencias asociadas a la innovación

A pesar de que los orígenes de la realidad virtual a nivel teórico tienen ya unas cuantas décadas, la posibilidad real de llevarla a la práctica ha sido un suceso muy reciente. Tal y como se ha expuesto en el anterior apartado, crear una realidad artificial que simule la realidad física requiere de altas exigencias a nivel informático, reproducción visual, tecnología óptica, tracking, etc., por lo que solamente cuando se han desarrollado lo suficiente todas estas tecnologías ha sido posible poner en práctica las primeras experiencias de garantías. Se podría establecer que el primer visor en desarrollo del *Proyecto Oculus* comercializado en el año 2012 (Oculus VR, 2012), ha sido el primer visor de realidad virtual que realmente garantizó una inmersión suficiente como para considerarla como experiencia de realidad virtual. Hasta entonces, todas las experiencias anteriores presentaban limitaciones y carencias demasiado grandes como para simular mínimamente una realidad artificial alternativa a la real, y solamente suponían avances en la representación de distintos grados de exposición de tecnologías visuales o tridimensionales al usuario final (Rizzo y Koenig, 2017; Sánchez-Cabrero et al, 2018).

Dada la juventud de esta tecnología y su campo de estudio, es comprensible la indefinición de muchos sus estándares y posibilidades. En la actualidad esta nueva tecnología debe muchísimo al diseño de entornos tridimensionales digitales propios de otros ámbitos como la arquitectura o el desarrollo de videojuegos. El hecho de heredar de estos campos muchos procedimientos y herramientas de desarrollo conlleva que el diseño y creación de aplicaciones, sistemas operativos y experiencias para realidad virtual no aprovechen todas sus posibilidades, y se requiera de un periodo de tiempo de transición en el que la realidad virtual desarrolle y estandarice sus propios parámetros de desarrollo y potencial.

En este punto es donde cobra un valor importantísimo la innovación científica de este ámbito, ya que hay muchas posibilidades por explorar aún para aprovechar todo el potencial de la realidad virtual en los diversos campos científicos en los que podría verse implicada de una forma transversal, desde el ámbito médico al educativo.

La mayoría de las posibilidades de desarrollo están aún por explotar, por lo que la disponibilidad de distintas experiencias y aplicaciones es aún escasa

y pobre en contenidos y variedad. Es previsible que esto vaya cambiando en el futuro próximo, ya que el aumento del interés en esta tecnología, y la competencia existente en el sector, derivará a una mayor explotación de las posibilidades de la realidad virtual en el futuro (Sheridan, 2018).

Actualmente, el sector del ocio es el más desarrollado. Se trata del ámbito que proporciona la mayor cuota de financiación a la investigación y desarrollo en este sector. Gracias a la inversión realizada por la industria del entretenimiento en la realidad virtual se han ido desarrollando otros ámbitos científicos, como el médico-terapéutico, en auge científico actual, pero es previsible que en los próximos años proliferen las aplicaciones destinadas a otras ciencias como: la cirugía, la educación, la arquitectura, etc. Estas ciencias y sus particularidades darán el empujón definitivo a las posibilidades de desarrollo de aplicaciones en realidad virtual y definirán y estandarizarán sus procesos (Domingo y Bradley, 2017).

3.3. Carencias en aspectos ergonómicos

Otro ámbito que presenta amplio margen de mejora, fruto de la juventud de esta tecnología y sus visores comerciales, son los aspectos ergonómicos. Los visores actuales y sus complementos necesarios están lejos de ser cómodos y prácticos para el usuario final actualmente.

En primer lugar, una limitación de la inmersión en una realidad artificial a través del sentido de la vista es el aislamiento sensorial. Es inevitable que, si mediante realidad virtual el usuario es capaz de disociar mente y cuerpo y vivir una realidad artificial, mantenga un sentido de orientación y un estado de alerta adecuado en el mundo real. Los problemas de este aislamiento son evidentes, aparte de tropiezos y torpeza de movimientos en el mundo real, abstraerse de lo que sucede en el mundo real puede provocar inatención a distintos peligros o avisos de personas y sucesos que ocurren en el ámbito físico, como por ejemplo distintas emergencias o urgencias de todo tipo.

La solución a este problema pasa por añadir a los futuros visores sistemas de alerta, lo que implica incluir sensores acústicos o visuales que detecten si el mundo real requiere que el usuario de realidad virtual vuelva a prestarle atención. Los visores de realidad mixta WMR (*Windows Mixed Reality*) suponen un gran avance en este sentido, puesto que disponen de cámaras externas que escanean de forma continua el exterior y pueden activarse y desactivarse para que el usuario vuelva a percibir el mundo real sin tener que quitarse los visores (Handosa, Schulze, Gračanin, Tucker y Manuel, 2018).

Otras modalidades derivadas de la realidad virtual, como la realidad aumentada, no sufren de este problema, ya que su uso está destinado a enriquecer la realidad con elementos diseñados artificialmente, por lo que el usuario nunca deja de percibir lo que sucede a su alrededor (Parvinen, Hamari y Pöyry, 2018).

En segundo lugar, otra limitación relacionada con la ergonomía de los actuales visores es la presencia de cableado molesto que asocia los visores a los equipos informáticos. Este cableado es bastante grueso y poco flexible debido a las exigencias de la reproducción de vídeo en alta resolución. El usuario ve limitados sus movimientos, pero sobre todo sus giros sobre sí mismo, y existe un elevado riesgo de tropiezos, asociado también a que con el visor puesto el usuario no sabe por dónde se mueve en el mundo real.

El diseño de nuevos visores sin cableado, pero conservando toda la potencia gráfica y de procesamiento de los equipos informáticos domésticos es una de las mayores preocupaciones de los responsables últimos del diseño de los próximos visores, tanto es así que ya está previsto que la próxima generación de visores sea totalmente Wireless (Sin cableado), aprovechando toda la investigación en los avances tecnológicos destinada a este logro, como, por ejemplo, las tecnologías *Rivvr* (Sixa's Rivvr Team, 2016) y *WiGig* (Wei-Chih et al., 2018) ya patentadas.

El último de los problemas de origen ergonómico de los visores a analizar es el excesivo peso y tamaño y volumen que tienen. Éste fue uno de los primeros requisitos necesarios para poder comercializar los primeros visores que los diseñadores debieron cumplir, pero, aunque se cumplen unos adecuados mínimos de comodidad que permiten el movimiento libre de forma adecuada, todavía están lejos de lo deseado. Por ejemplo, es difícil combinar el uso de estos visores con gafas y requieren de un ajuste perfecto para no mostrar distorsiones visuales en el usuario (Jones, Dukes, Krum, Bolas y Hodges, 2015). Es plausible que las próximas generaciones de visores de realidad virtual sean más ligeros, pequeños y cómodos, fruto del progreso en la miniaturización de componentes y avances tecnológicos que permitan mejorar significativamente este inconveniente.

3.4. Limitantes asociados a la accesibilidad de esta tecnología

A la hora de valorar los problemas relacionados con la accesibilidad a esta tecnología se debe considerar los distintos momentos en los que puede darse. En primer lugar, ésta puede producirse antes de llegar al potencial usuario, haciendo que si el potencial usuario desconoce la realidad virtual no se acerque a ella. En segundo lugar, se debe considerar los problemas para que el usuario decidido a utilizar la realidad virtual pueda acceder a ella, que provoca que, a pesar de su interés, no termine convirtiéndose en usuario. Por último, se debe considerar un tercer momento de problemas de accesibilidad asociado a los problemas y limitantes en las primeras experiencias con realidad virtual, que hacen que el usuario desista de su intención inicial de ser usuario por incompatibilidades o problemas durante sus experiencias iniciales.

Cuando se habla de accesibilidad de esta nueva tecnología a sus potenciales usuarios se debe tener en cuenta que la primera generación de visores de realidad virtual, que cumplen con los requisitos y exigencias necesarias para garantizar al usuario una suficiente disociación de la realidad e inmersión en una realidad artificial diseñada digitalmente, ha iniciado su comercialización en masa en el reciente año 2015, por lo que es comprensible que haya una gran parte de población que desconozca este avance tecnológico y sus posibilidades (Costa, 2016; Sánchez-Cabrero et al., 2018). Esto significa que gran parte de sus usuarios potenciales desconoce que lo es y lo que esta tecnología puede aportarle, así que siguen siendo necesarias, a día de hoy, fuertes campañas de marketing para acercar al usuario final esta nueva tecnología.

Un gran limitante de las campañas publicitarias y de marketing de realidad virtual es que se trata de una tecnología que tiene serias dificultades para mostrarse tal y como es en medios que no sean ella misma, y exige ser probada para conocerse, con lo que es muy complicado que puedan ser combatidos eficientemente posibles prejuicios sociales, ya que se produce un círculo vicioso que se retroalimenta; puesto que el prejuicio impide probar la realidad virtual y si no se prueba no se rompe el prejuicio. Sería necesario, por lo tanto, campañas de prueba de la tecnología para aumentar la base de usuarios, que son considerablemente más costosas y tienen menor alcance que las campañas publicitarias simples.

Actualmente, existen unos cuatro millones de visores en el mundo, que aunque pueda parecer una cifra muy alta, solamente suponen aproximadamente un 1% de la población total posible (Superdata Research, 2017). Este dato implica que todavía en la actualidad esta tecnología tiene todavía carácter minoritario, con cierto riesgo de quedarse definitivamente como una tecnología con mercado de nicho si no logra extender su base de usuarios en el futuro.

Aumentar la base de usuarios es un objetivo capital para el futuro de la realidad virtual, puesto que el crecimiento de usuarios mejora el beneficio económico, lo que atrae a las grandes empresas y proyectos más grandes que consiguen mayores progresos en la investigación en este campo. Actualmente, están ya implicadas algunas de las empresas más poderosas en el ámbito tecnológico, como, por ejemplo, *Microsoft*, *Google*, *Facebook*, *Valve*, etc., pero las partidas presupuestarias de sus proyectos podrían ser mayores, y los objetivos destinados a los proyectos de realidad virtual todavía no centran sus principales proyectos económicos (Superdata Research, 2017).

Por lo que respecta a los desarrolladores de aplicaciones y experiencias de realidad virtual. Actualmente, la realidad virtual cuenta con una base de equipos en claro aumento, pero; por un lado, los mayores proyectos de realidad virtual están destinados al ocio, y en concreto a los videojuegos; y, por otro lado, los principales proyectos de los equipos de desarrollo y los equipos de desarrollo de entornos tridimensionales e interactivos informatizados dedican la mayoría de sus proyectos a otros ámbitos no relacionados con la realidad virtual.

Todos estos argumentos expuestos muestran los principales motivos que impiden la accesibilidad de esta tecnología a todos sus potenciales usuarios, lo que es el limitante principal de la accesibilidad de la realidad virtual. No obstante, la accesibilidad a esta tecnología no termina cuando el usuario, pese a todos los limitantes expuestos, decide probarla y acercarse a ella. En ese momento surgen nuevos limitantes que quizás tienen una relevancia similar.

En primer lugar, el limitante más evidente que impide a un potencial usuario incorporarse como usuario activo de la realidad virtual, tal y como se ha reflejado en las carencias tecnológicas, es el precio del equipo necesario. Los visores de realidad virtual son tecnología puntera en la actualidad, lo que supone altos precios de los visores. No obstante, en la actualidad el problema económico no está tanto en el precio del visor, sino más bien en el equipo informático necesario. Los altos requisitos de velocidad de procesamiento y rendimiento gráfico derivan a que la mayoría de los equipos informáticos domésticos que están en la mayoría de los hogares no cumplan con dichos requisitos, así que el desembolso inicial para un nuevo usuario se suele disparar, por tener que añadir componentes informáticos nuevos y de gama alta.

El progreso del mercado electrónico e informático genera continuamente nuevos componentes más sofisticados y potentes, lo que supone que el abaratamiento de costes de los equipos informáticos necesarios sea cuestión de tiempo y que en concepto de un par de años los requisitos informáticos sean considerablemente más baratos o que, incluso, el progreso tecnológico permita visores autónomos, por lo que se asume que este limitante tiene una fecha de caducidad cercana.

Otro limitante de carácter menor a la hora de adquirir un equipo de realidad virtual es el espacio disponible en el hogar. Actualmente, los visores de

realidad virtual requieren de la colocación de distintos sensores, cableado y de un usuario se mueva de unos 4 metros cuadrados o más, por lo que algunos posibles usuarios de realidad virtual padecen serios impedimentos para adoptar esta nueva tecnología en sus hogares. Este impedimento es menor en el caso de los visores de WMR, puesto que el espacio requerido es variable al contar con cámaras externas colocadas en el propio visor.

Un tercer freno a la hora de adquirir un equipo de realidad virtual es la propia idiosincrasia inherente en el mercado tecnológico actual. El continuo progreso tecnológico implica que todos los visores y equipos informáticos tengan fecha de caducidad y sea cuestión de tiempo (pocos años), que un modelo superior sustituya al antiguo y solvete sus carencias. Si el visor presenta carencias claras y visibles es común observar en el mercado como parte de los potenciales usuarios esperan a versiones superiores y más depuradas para sumarse a una nueva tecnología.

Finalmente, una vez revisados todos los limitantes que impiden a un potencial usuario convertirse en un usuario real de esta nueva tecnología, se debe valorar qué impide al usuario de realidad virtual convertirse en un usuario activo y estable de esta tecnología, por lo que es conveniente revisar a qué se asocian las malas experiencias iniciales que provocan el abandono.

El principal efecto colateral no deseado de una experiencia de realidad virtual, sobre todo en sus momentos iniciales, es la presencia de mareos y malestar general, tal y como se reflejó en las carencias de origen tecnológico. Esto es debido principalmente a la disociación producida por la percepción errónea del usuario entre su visión y su sentido de la orientación y el equilibrio. Estos sentidos generan incoherencias y provocan que se provoquen mareos y malestar en el usuario. Este efecto disminuye en gran medida con una mayor tasa de FPS (*Frames per second*, imágenes por segundo) en la imagen, mayor resolución del vídeo y movimientos menos bruscos y rápidos, cuestiones que han sido tenidas en cuenta por los diseñadores de los visores actuales de realidad virtual, por lo que el porcentaje de usuarios que los padecen se ha reducido considerablemente. No obstante, sigue existiendo un porcentaje apreciable de personas que los padecen, aunque es un efecto que se reduce drásticamente con el tiempo de uso de la realidad virtual.

Una forma efectiva de reducir estos problemas es aplicar tutoriales de adaptación inicial a la realidad virtual para nuevos usuarios, así se reducen las experiencias negativas iniciales y se favorece la adaptación paulatina de estos usuarios a experiencias cada vez menos confortables, a medida que se vayan volviendo más resistentes a mareos y distintos malestares.

La aparición de nuevos visores en el futuro, más potentes, con mayor resolución y con aplicaciones mejor diseñadas, seguramente disminuyan todavía más en el futuro estos efectos adversos. Se debe tener en cuenta que esta tecnología aún se está abriendo paso y todavía se está explorando todo su potencial y posibilidades para pulir la experiencia del usuario final.

4. Conclusiones

Después de describir todas las carencias y limitantes descritos por la primera generación de usuarios de visores de realidad virtual en España, se va a abordar la extracción de unas conclusiones adecuadas en forma de análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), para mostrar claramente cómo se presenta la actualidad y el futuro de esta tecnología.

Comenzando por las debilidades, de todo lo expuesto en apartados anteriores, seguramente a nivel técnico el mayor desafío que se presenta es la presencia de mareos en algunos usuarios. Si se quiere extender esta tecnología a una gran mayoría de la población, se debe favorecer que no haya impedimentos de este tipo. No obstante, es plausible que la propia evolución de esta tecnología subsane, generación tecnológica a generación tecnológica, todas las deficiencias técnicas mostradas, especialmente todas las relacionadas con la presencia de mareos y malestar de tipo fisiológico.

Por lo que respecta a debilidades en forma de acercamiento y extensión a la sociedad general, una debilidad de gran relevancia es la incapacidad de esta tecnología de mostrarse a sí misma de forma adecuada mediante publicidad y campañas de Marketing. Esto dificulta que llegue de forma rápida a la mayoría de población y la condena a ir ganando terreno con incrementos lentos, pero paulatinos de nuevos usuarios.

Por otro lado, la aparatosidad general, la presencia de cableado molesto y, sobre todo, el precio de los visores, también contribuyen de forma evidente a que la adopción definitiva por parte de la población española sea efectiva en la actualidad, por lo que se muestran como grandes debilidades de esta tecnología en la actualidad.

En relación a las amenazas, la más evidente mostrada por los usuarios de realidad virtual es la pobreza general en la creación de Software de calidad y variado. Es necesario que las principales compañías tecnológicas se sumen al desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y fomenten de forma clara su progreso. Por otra parte, también es necesario que se implique el ámbito científico, y se coordinen con las principales empresas tecnológicas de forma clara, en multitud de campos de investigación que podrían beneficiarse de esta tecnología en el futuro. Seguramente sea el lento despegue de la extensión en la sociedad de esta tecnología la que reduzca el beneficio económico de su desarrollo y mantenga alejados, de momento, los grandes equipos de desarrollo tecnológico.

Otra posible amenaza surge de la propia volatilidad del mercado. Tanto un surgimiento futuro de crisis económica en el sector tecnológico, como la aparición de distintas modas alejadas de la RV, podrían desviar el foco de atención de los consumidores y de las empresas de desarrollo de realidad virtual. El sector de la realidad virtual necesita de un gran asentamiento en el mercado para hacer frente a posibles modas futuras.

Describir las fortalezas de una nueva tecnología no es tarea sencilla, puesto que está en continuo progreso y adaptación a una sociedad cambiante, y seguramente muchas de sus características se modifiquen y mejoren en un futuro cercano. Seguramente sea su gran aporte a la innovación tecnológica y su gran potencial de aplicación en distintos campos científicos sus mayores fortalezas, puesto que lo que esta tecnología ofrece, tanto para usuario final como para el desarrollador de tecnología, es algo que no puede ofrecer ninguna otra; la creación de toda una realidad artificial alternativa a la real y todo lo que esto supone a nivel psicológico, terapéutico, profesional, comunicativo o de ocio. Por lo tanto, la realidad virtual es una tecnología que supone un cambio real con todo lo anterior y con otras tecnologías y modas que pudieran ser rivales. Este es su mayor distintivo.

Otra gran fortaleza de esta nueva tecnología es la existencia en la actualidad de visores comerciales de gran calidad con empresas punteras en nuevas tecnologías implicadas en su desarrollo, que, aunque imperfectos, muestran una experiencia satisfactoria para el usuario final. Por otro lado, que el principal impulso de esta tecnología provenga del ámbito del ocio, y en concreto de los videojuegos, que actualmente son el campo del ocio que genera más beneficios, es también una gran fortaleza, puesto que es un campo en pleno auge.

Por último, en la relación a las oportunidades, se debe tener en cuenta que ésta es una tecnología que supone una gran innovación en multitud de ámbitos y para el usuario final, por lo que su gran objetivo es hacerse conocer al gran público. Ofrece un gran potencial aún sin determinar y se puede considerar que hay multitud de nuevas aplicaciones de distintos campos y potenciales usuarios todavía por descubrir. Esa es su mayor oportunidad o desafío, extenderse y asentarse en esta sociedad. Cuenta con la ventaja de que la tecnología cada vez es más importante y accesible para la mayoría de la población, por lo que se está perdiendo el miedo a su uso en todos los campos y despertando la curiosidad por las nuevas aplicaciones.

Concluyendo, a pesar de carácter negativo, al ser carencias y limitantes el tema central de este artículo, de todo lo mostrado en esta revisión de las opiniones de la primera generación de usuarios de visores de realidad virtual en España, se puede afirmar que el futuro de esta nueva tecnología se presenta alentador. Tanto los aspectos tecnológicos y de innovación, como los aspectos relacionados con la ergonomía y la accesibilidad, están lejos de ser perfectos, pero presentan problemas que se describen como subsanables en un futuro cercano. Además, no se ha descrito ningún defecto caracterizado como imposibilitante para esta nueva tecnología, lo que favorece que cada vez sean más los usuarios que se acerquen a esta tecnología y la adopten dentro de sus modos de vida.

Por lo que respecta a la utilización de esta tecnología, se debe ser optimista con sus aplicaciones reales en multitud de ámbitos, ya que actualmente se está investigando y aplicando de forma experimental su uso en multitud de campos científicos, pero se necesita una gran coordinación entre desarrolladores de Software y los profesionales de los distintos ámbitos que vayan a utilizar la realidad virtual en sus prácticas profesionales, tal y como se ha expuesto a lo largo de este apartado. Sólo de esta colaboración surgirán aplicaciones con aplicaciones útiles en la vida real.

Por todos los motivos expuestos, se estima un progreso y asentamiento paulatino de esta tecnología en el futuro. Se espera que este avance sea lento, pero estable y termine derivando a un uso amplio de esta nueva tecnología en muchos ámbitos y hogares españoles, formando parte de la cotidianidad de sus vidas.

Referencias bibliográficas

Artaud, A. (1958). *The Theatre and Its Double*. 1938. Translated by Mary Caroline Richards. New York: Grove.

Bonetti F., Warnaby G., Quinn L. (2018) Augmented Reality and Virtual Reality in Physical and Online Retailing: A Review, Synthesis and Research Agenda. In: Jung T., tom Dieck M. (eds) *Augmented Reality and Virtual Reality*. Progress in IS. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64027-3_9

Brooks, F. P. (1999). What's real about virtual reality?. *IEEE Computer graphics and applications*, 19(6), 16-27. <https://doi.org/10.1109/38.799723>

Buñ, P. K., Wichniarek, R., Górski, F., Grajewski, D., & Zawadzki, P. (2017). Possibilities and Determinants of Using Low-Cost Devices in Virtual Education Applications. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 381-394. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00622a>

Castruccio, S., Genton, M.G. y Sun, Y. (2018). Visualizing spatiotemporal models with virtual reality: from fully immersive environments to applications in stereoscopic view. Consultado el 19 de Agosto de 2018 de: <http://www.rss.org.uk/Images/PDF/events/2018/Castruccio-5-Sept-2018.pdf>

Costa, O. (2016). Explorando el universo sin moverse del aula: una experiencia con las Google Cardboard. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 295-296, 46-45. Consultado el 19 de Agosto de 2018 de: http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/dia6_biblioteca/es_bibliote/adjuntos/aldizkarien_berri_ekaina_2017/comunicacion_y_pedagogia_295_296

Domingo, J.R. y Gates Bradley, E. (2017). Education Student Perceptions of Virtual Reality as a Learning Tool. *Journal of Educational Technology Systems*. 004723951773687. <https://doi.org/10.1177%2F0047239517736873>

Faller, J., Allison, B.Z., Brunner, C., Scherer, R., Schmalstieg, D., Pfurtscheller, G. y Neuper, C. (2017). A feasibility study on SSVEP-based interaction with motivating and immersive virtual and augmented reality. *Computer Science > Human-Computer Interaction*. Consultado el 19 de Agosto de 2018 de: <https://arxiv.org/abs/1701.03981>

Gorbet, Diana J. & Sergio, Lauren E. (2018). Move faster, think later: Women who play action video games have quicker visually-guided responses with later onset visuomotor-related brain activity. *PLoS one*, 13(1), e0189110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189110>

Handosa, Mohamed, Schulze, Hendrik, Gračanin, Denis, Tucker, Matthew & Manuel, Mark (2018). Extending Embodied Interactions in Mixed Reality Environments. In International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality (pp. 314-327). Springer, Cham.

Heilig, Morton L. (1962). U.S. Patent No. 3,050,870. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Jones, J.A., Dukes, L.C., Krum, D.M., Bolas, M.T. y Hodges, L.F. (2015). Correction of geometric distortions and the impact of eye position in virtual reality displays. In 2015 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS) (pp. 77-83). <https://doi.org/10.1109/CTS.2015.7210403>

Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B. y Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85-119. Consultado el 9 de Agosto de 2018 de: <https://www.learntechlib.org/p/182115/>

Kyung-Rok, K., Tae-Gung, K., Byung-Jae, L., Ju-Young, N., Seung-Tae, K., Bum-Sik, K., Myung-chul, J. y In-Byeong K. (2018). P-51: A New Display System for 8K OLED TV Using 4K Timing Controllers. In SID Symposium Digest of Technical Papers, 49 (1), 1388-1391.

Lanier, J. (2010). *You are not a Gadget: A Manifiesto*. New York: Alfred A. Knopf.

Lowood, H.E. (2015). Virtual reality (VR). Encyclopaedia Britannica Online. Consultado el 12 de abril de 2018 de: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/630181/virtual-reality-VR/253103/Early-work#ref884304>

Menzies, R. J., Rogers, S. J., Phillips, A. M., Chiarovano, E., de Waele, C., Verstraten, F. A., & MacDougall, H. (2016). An objective measure for the visual fidelity of virtual reality and the risks of falls in a virtual environment. *Virtual Reality*, 20(3), 173-181. <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0288-6>

Oculus, V. R. (2012). Oculus Rift: Step Into the Game. Kickstarter. Sept, 1. Consultado el 18 de Agosto de 2018 de: <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game?lang=es>.

Parikh, K., Zhuang, J., Pallister, K., Jiang, J. y Smith, M. (2018). 40-1: Invited Paper: Next Generation Virtual Reality Displays: Challenges and Opportunities. In SID Symposium Digest of Technical Papers (Vol. 49, No. 1, pp. 502-505).

Parvinen, P., Hamari, J. y Pöyry, E. (2018). Introduction to the Minitrack on Mixed, Augmented and Virtual Reality. In Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. Consultado el 17 de Agosto de 2018 de: <http://hdl.handle.net/10125/50059>

Pei-Luen P.R., Jian, Z., Zhi, G. y Jiaqi L. (2018). Speed reading on virtual reality and augmented reality. *Computers & Education*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.016>

Rizzo, A. y Koenig, S.T. (2017). Is clinical virtual reality ready for primetime? *Neuropsychology*, 31(8), 877-899. <https://doi.org/10.1037/neu0000405>

Ryan, M.L. (2001). *La narración como realidad virtual. La inmersión y la interactividad en la literatura y en los medios electrónicos*. Barcelona: Paidós.

Sánchez-Cabrero, R., Barrientos-Fernández, A., Arigita-García, A. Mañoso-Pacheco, L. y Costa-Román, O. (2018). Demographic data, habits of use and personal impression of the first generation of users of virtual reality viewers in Spain. *Data in Brief*, 21, 2651-2657.

<https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.11.127>.

Sheridan, T.B. (2018). 21 Speculations on Future Relations Between Humans and Automation. *Automation and human performance: Theory and applications*, 272.

Shi, J., Richards, E.M., Shi, Y., Ping, S. y Tseng, J. (2018). U.S. Patent Application No. 15/339,345.

Sixa's Rivvr Team (2016). *Rivvr: Wireless VR is here. Welcome the revolution*. Consultado el 19 de julio de 2018 en: <https://www.rivvr.com/>

SuperData Research (2017). *Virtual Reality Consumers*. Technical Report. SuperData Research. Consultado el 19 de julio de 2018 en: <https://superdata-research.myshopify.com/products/report-virtual-reality-consumers?variant=36950222286>

Takeuchi, N., Mori, T., Suzukamo, Y. y Izumi, S. I. (2018). Modulation of Excitability in the Temporoparietal Junction Relieves Virtual Reality Sickness. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 21(6), 381-387. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0499>

Wei-Chih, C., Mong-Yu, T. Gok-Kan, C., Wan-ju, T. y Jing-Lung, W. (2018). U.S. Patent No. 9,881,422. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Weinbaum, S.G.(1935). *Pigmalion's Spectacles*. New York: Start Publishing.

Wheatstone, C. (1838). Contributions to the physiology of vision. Part the first. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 128, 371-394.

Wu, F., Liu, Z., Wang, J., & Zhao, Y. (2015). Establishment virtual maintenance environment based on VIRTTOOLS to effectively enhance the sense of immersion of teaching equipment. In Proceedings of the 2015 International Conference on Education Technology, Management and Humanities Science (ETMHS 2015). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/etmhs-15.2015.93>

-
1. Facultad de Educación. Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid, España. Dr. en Psicología Clínica y de la Salud. robsan9@gmail.com
 2. Facultad de Educación. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España. Dr. en Historia. ma_novillo_17@hotmail.com
 3. Facultad de Educación. Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid, España. Dra. en Ciencias Sociales y de la Educación. aarigita@yahoo.es
 4. Facultad de Educación. Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid, España. Dr. en Ciencias de la Educación. ocostar@gmail.com
 5. Facultad de Educación. Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid, España. Dra. en Conocimiento Pedagógico Avanzado. ameliabarrientosfernandez@gmail.com
 6. Facultad de Educación. Universidad Antonio de Nebrija, Madrid, España. Dr. en Conocimiento Pedagógico avanzado. pericacho.javier@yahoo.es
-