

CREATIVIDAD INMERSIVA, INMERSIVIDAD CREATIVA

JOSÉ MANUEL MENÉNDEZ Y DAVID JIMÉNEZ BERMEJO

José Manuel Menéndez es catedrático del Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones de la ETS de Ingenieros de Telecomunicación de la UPM, director del Grupo de Aplicación de Telecomunicaciones Visuales (GATV) desde 2004, y director de la Cátedra RTVE en la UPM desde enero de 2015.

David Jiménez Bermejo es profesor ayudante en el Departamento de Electrónica Física, Ingeniería Eléctrica y Física Aplicada de la ETS de Ingenieros de Telecomunicación de la UPM. Es miembro de la plataforma NEM, donde colabora en la creación de la agenda de investigación e innovación europea del área de media, y responsable de comunicación de la Sección Española del IEEE.

Introducción

La literatura, el teatro, posteriormente el cine, siempre han tenido la capacidad de transportar al lector o al espectador a lugares diversos y recrear paisajes, ciudades o atmósferas que trasladaban por momentos a una realidad diferente. Esta capacidad innata de la creación artística, apoyada en algunos casos en excelentes trabajos de escenografía o localización, es potenciada y elevada a cotas inimaginables gracias a la tecnología.

El cine, por ejemplo, que fue para muchos durante un gran periodo de tiempo su ventana al mundo [Martínez], ha visto incrementado ese potencial gracias a los efectos especiales, el conjunto de técnicas y artificios a los que se recurre en el rodaje de una película para dar apariencia de realidad a ciertas escenas. Efectos que desde 1973 [Stinson] incorporan las imágenes generadas por ordenador y que, de la mano de ellas, y del incremento de las capacidades de los sistemas informáticos, abren la puerta a nuevas formas de transportar y sumergir al usuario en la ficción. Efectos especiales que empiezan a ser concebidos con realidad virtual y que recientemente se han visto reconocidos desde Hollywood, que ha dado uno de sus Oscar especiales a la instalación de realidad virtual *Carne y arena* de Alejandro G. Iñárritu.

Los efectos especiales y el incremento de las capacidades de los sistemas informáticos abren la puerta a nuevas formas de transportar y sumergir al usuario en la ficción.

Esa evolución de las posibilidades creativas audiovisuales, el asentamiento de sistemas tridimensionales, conocidos comúnmente como 3D, la explosión de la realidad virtual y la generalización del equipamiento de consumo necesario, abren un campo de experimentación para los creadores audiovisuales con innumerables áreas de aplicación. El primero por dinamismo, y parte vertebral sin duda de la creatividad digital, el de los videojuegos, pero abierto a que la transformación digital de numerosos entornos tradicio-

nales haga de esta nueva realidad creativa un elemento diferencial de su oferta.

Ese nuevo ecosistema floreciente de «creatividad inmersiva», acéptese la licencia lingüística, es el objeto del presente artículo, tratando de ofrecer una visión amplia de este entorno, desde la tecnología implicada a su aplicación en ciertos campos donde paulatinamente gana una creciente importancia.

¿Qué se entiende por entorno «inmersivo»?

Las expresiones «entorno virtual inmersivo» y «realidad virtual» son una traducción literal y, hasta cierto punto, creativa de las expresiones anglosajonas «immersive virtual environment» y «virtual reality - VR», que se refieren al mundo ficticio y artificial al que se somete a una persona mediante dispositivos externos que recrean imágenes, vídeos, sonidos, texturas al tacto, etc. Dichos elementos permiten al usuario cierta interacción con ese mundo virtual, como movimiento tridimensional en el entorno, visión actualizada del mundo recreado en función del movimiento realizado por el usuario o interacción con elementos de dicho entorno [Blascovich].



Fig 1. Equipamiento básico en aplicaciones de VR [ElMundo]

El diccionario de la Real Academia Española [RAE] no incluye el término «inmersivo» como

adjetivo, ni «inmersividad» como palabra que describa una cualidad. Sin embargo, sí se incluye el término «inmersión», una de cuyas acepciones es «acción y efecto de introducir o introducirse en un ámbito real o imaginario». Ello conduce a pensar que tal vez deberíamos utilizar la expresión «entornos de inmersión», en lugar de «entornos inmersivos», para referirnos a los sistemas y dispositivos que nos permiten sumergirnos o introducirnos en un ambiente imaginario. Del mismo modo, tal vez debería usarse la frase «dispositivos de alta o gran inmersión» en lugar de «dispositivos inmersivos o muy inmersivos» para referirse a la cualidad de un elemento para facilitar al usuario la sensación de realidad que experimenta al interactuar con un entorno virtual. El idioma siempre se ha caracterizado por evolucionar en función de los usos y costumbres sociales y, dada la popularidad que las palabras «inmersivo» e «inmersividad» están adquiriendo, es más que probable que en un futuro no muy lejano las podamos encontrar en el diccionario de la Real Academia Española.

Un entorno inmersivo es un mundo artificial, generado habitualmente por un ordenador, en el que se sumerge el usuario y en el que puede experimentar ciertas sensaciones vinculadas con sus sentidos.

El concepto de entorno inmersivo está muy vinculado al de realidad virtual, entendiendo por tal un mundo artificial, generado habitualmente por un ordenador, en el que se sumerge el usuario de algún modo (mediante dispositivos especiales, como gafas, auriculares, guantes, etc.), y en el que puede experimentar ciertas sensaciones vinculadas con sus sentidos. De los cinco sentidos reconocidos, hay cuatro utilizados desde hace tiempo para generar determinadas sensaciones ficticias: la vista, el oído, el olfato y el tacto.

La idea no es nueva. Ya en 1935, el escritor de ciencia ficción Stanley G. Weinbaum anticipó esta posibilidad en su obra *Pygmalion's spectacles* [Weinbaum]:

Pero escucha: una película que incluye imagen y sonido. Supón ahora que añadido gusto, olor, incluso tacto, en beneficio de la historia. Supón que la hago de tal modo que tú estás en la historia, que hablas a las sombras, y las sombras contestan, y en lugar de ser una pantalla, la historia gira en torno a ti, y tú estás dentro. ¿No sería eso hacer realidad un sueño?

Se puede decir que la situación actual de la VR arranca en 2010, cuando Palmer Luckey concibe el primer prototipo de casco de VR, que evolucionaría, posteriormente, en el modelo Oculus Rift. Cuatro años más tarde, Facebook compraba su empresa por dos mil millones de euros. Diferentes empresas y modelos de dispositivo han surgido después, todos basados en el mismo principio: un casco que controla la visión de cada ojo y ofrece sensación de tridimensionalidad. Los modelos más complejos y caros permiten la conexión a un ordenador que genera las imágenes, en tanto que los modelos más simples y baratos utilizan un teléfono móvil firmemente sujeto, cuya pantalla ofrece las dos imágenes estéreo.

De acuerdo con [Telefónica], existen tres tipos de realidad virtual en función de los dispositivos utilizados y la sensación generada al usuario. Dichos tipos son los siguientes:

1. **Realidad inmersiva:** es aquella en la que se simula un mundo artificial tridimensional, y en el que el nivel de inmersión del usuario es tal que lo percibe como su entorno real. En dicho entorno, el usuario puede moverse, mirar a su alrededor e interactuar con elementos a su alcance. El entorno cambia en función del movimiento del usuario o de la interacción con los elementos del mismo. El sistema que genera el mundo virtual debe ser capaz de detectar, en tiempo real, los movimientos del usuario, y mostrar el universo ficticio desde el punto de vista que el usuario tenga en cada instante, tanto en lo relativo a la información de vídeo como a la de audio. Si el usuario interactúa con objetos, estos

deben reaccionar de una manera consistente con el entorno artificial generado (en términos de gravedad, elasticidad, inercia, etc.). Para lograr este nivel de inmersión se suelen utilizar dispositivos especiales, como gafas o cascos que muestran una imagen diferente a cada ojo para suministrar sensación de estereoscopia, auriculares para generar un efecto de campo acústico con fuentes sonoras muy localizadas espacialmente, guantes que simulan ciertas sensaciones al tacto, trajes especiales que facilitan información precisa de cada movimiento realizado por las diferentes partes del cuerpo o que provocan ciertas sensaciones de calor, humedad, etc., dispositivos hápticos que provocan ciertas vibraciones, pulsaciones o contactos en puntos localizados, sistemas robotizados móviles con varios grados de libertad para simular ascensos, giros, etc. Todos estos dispositivos poseen sensores específicos que permiten detectar con precisión el movimiento realizado por el usuario (desplazamientos y rotaciones tanto del cuerpo en general como de partes del mismo, como dedos, muñecas, rodillas, cabeza, pies, etc.) para actualizar el entorno de manera coherente. Este tipo de sistemas es el más adecuado para aplicaciones de aprendizaje, entrenamiento y capacitación de actividades que entrañan un cierto riesgo o responsabilidad, como paracaidismo, operaciones en entornos extremos (centrales nucleares, térmicas, incendios, desactivación de explosivos, etc.), conducción de aviones o trenes, etc.

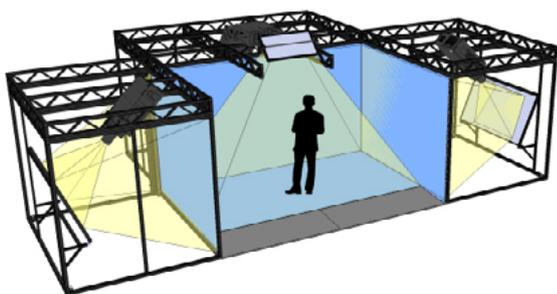


Fig 2. Cueva de realidad semiinmersiva [Visbox]

2. **Realidad semiinmersiva o inmersiva de proyección:** se caracteriza por hacer uso de un complejo y voluminoso sistema de proyección con forma de cubo (con dimensiones suficientes para que quepan una o varias personas de pie), con posibilidad de generar una proyección diferente en cada una de las paredes, suelo y techo, cada una de las cuales emite dos señales visuales diferentes que el usuario percibe, de manera independiente, en cada ojo, gracias al uso de gafas o de un casco especial, sincronizado con los elementos de proyección. El usuario puede moverse por el cubo (también conocido en este ámbito como «cueva») como si de una sala se tratara, y percibe la información visual en función de su posición en la misma. Las gafas o el casco deben disponer de sensores de movimiento y posición para permitir seguir al usuario y regenerar el universo artificial tras cada nueva posición detectada. El espacio requerido para desplegar estos sistemas es muy voluminoso y los aparatos de proyección requieren elaborados procesos de calibración y recalibración periódicos. Por ello, su uso ha sido progresivamente reducido y sustituido por sistemas de realidad inmersiva, habitualmente menos costosos, como los del tipo anterior. No obstante, se siguen utilizando en aquellas situaciones en las que se requiere que el usuario se mantenga en contacto permanente con elementos del mundo real dentro del entorno artificial, como montaje de piezas o reparación de equipos en situaciones peligrosas (a cierta altura, en entornos extremos por temperatura, presión, falta de oxígeno, presencia de radioactividad, etc.).

3. **Realidad no inmersiva:** este tipo de simulación incluye aquellas situaciones en las que la visualización de los elementos virtuales se realiza mediante una pantalla o monitor de vídeo convencional. La sensación de tridimensionalidad es más reducida

y la interacción con los elementos del mundo artificial se realiza a través de periféricos convencionales, como teclado, ratón, joystick, volante, pedales, micrófono, etc. Este es el tipo de realidad virtual más simple y extendido debido a la proliferación de juegos de ordenador que ofrecen esta posibilidad, tanto de manera individual (para un solo usuario) como en grupo (múltiples usuarios conectados en red). Además de las aplicaciones lúdicas, la realidad no inmersiva ha sido utilizada masivamente en otros muchos contextos como la formación, la difusión comercial o la mera información al público. En este mismo grupo se pueden incluir los trabajos de investigación que se están llevando a cabo, en estos momentos, para facilitar la generación de hologramas que permiten la recreación de figuras tridimensionales, que pueden moverse en un determinado espacio. En este tipo de dispositivo se lleva trabajando desde hace décadas, prácticamente desde que George Lucas nos mostró el famoso mensaje de la princesa Leia en la película *La guerra de las galaxias*, allá por el año 1977, denominado «holovideo» y almacenado en un «holo-disco». La situación actual de este tipo de dispositivos es aún incierta, si bien se están empezando a montar prototipos experimentales [ProclEEE] que generan una sensación cada vez más realista de las escenas mostradas.



Fig 3. Simulador de conducción con no inmersiva [CSU]

El volumen de dispositivos capaces de generar sensaciones al usuario ha crecido de manera importante en los últimos años en paralelo a la incorporación en los teléfonos móviles de sensores inerciales, con precisión suficiente como para detectar pequeñas variaciones en el movimiento y la posición del dispositivo.

El volumen de dispositivos capaces de generar sensaciones al usuario ha crecido de manera importante en los últimos años.

Además de poder interactuar con objetos, el usuario puede también hacerlo con «avatares», entendiendo por tal representaciones de otros humanos, generadas artificialmente también con un ordenador, que pueden moverse y realizar actividades en el universo virtual. La capacidad de interacción con los avatares dependerá de los elementos sensoriales puestos a disposición del usuario. La sensación de «presencia» del usuario en el mundo virtual será tanto mayor cuanto más real sea el entorno simulado, incluyendo el campo visual y auditivo generado, así como los objetos y avatares incluidos [Heeter] [Ijsselsteijn] [Schuemie].

Tendencias tecnológicas en inmersividad

En los entornos inmersivos conviven, a día de hoy, y siempre con el objetivo final de ofrecer al consumidor una experiencia audiovisual impactante, diversos modelos y tecnologías, con capacidad de ofrecer diferentes aplicaciones con distinto grado de interacción e involucración por parte del usuario.

Realidad aumentada

La realidad aumentada (AR, de sus siglas en inglés, *Augmented Reality*) es un tipo de entorno virtual interactivo que permite la incorporación de contenido visual, sonido, texto y efectos

generados por ordenador, agregando una pantalla virtual sobre las imágenes reales y el entorno, para enriquecer y mejorar la experiencia del usuario.



Fig 4. Aplicación de realidad aumentada para seguridad laboral [Inverse]

Los recursos necesarios para ofrecer AR son, tanto a nivel hardware (HW) como software (SW), costosos. Requiere equipamiento especial, como gafas o cascos, diversos tipos de sensores con capacidad para reconocer el movimiento, sistemas de posicionamiento, etc. Son imprescindibles las capacidades de seguimiento (*tracking*) y de procesado en tiempo real, ya que la sincronización entre los mundos real y virtual debe lograrse en el intervalo de tiempo más corto posible, facilitando transiciones suaves y evitando el retardo, uno de los factores más denostados por los usuarios.

La realidad virtual es una de las tendencias tecnológicas de mayor crecimiento y su disponibilidad es cada vez mayor.

Realidad virtual

La realidad virtual (VR, de sus siglas en inglés, *Virtual Reality*) es un entorno artificial que se crea con software y se presenta al usuario «como un entorno real». Es una de las tendencias tecnológicas de mayor crecimiento y su disponibilidad es cada vez mayor. Esto conduce a que las empresas estén comenzando a utilizar la tecnología

para ofrecer a los consumidores nuevas formas de disfrutar de contenidos audiovisuales diversos. La evolución de la realidad virtual comienza a integrar pantallas envolventes, habitaciones «aumentadas» equipadas con equipos portátiles y dispositivos hápticos, término que engloba todas las experiencias no audiovisuales, que llegan a permitir sentir los contenidos de la pantalla. Los dispositivos electrónicos corporales (*wearables*) que puede llevar el usuario incorporados han incrementado igualmente las capacidades de interacción y virtualización. Y plantean la posibilidad de controlar, simular y renderizar avatares, recreaciones virtuales de las personas, para su inmersión en una realidad ficticia, o para facilitar la operativa en condiciones extremas donde los usuarios incluso pueden no llegar a ver directamente su cuerpo.



Fig 5. Simulación a través de infraestructura de realidad virtual [Fortune]

El reciente despunte que la VR ha experimentado ha venido de la mano del impulso proporcionado por el hardware. Nuevos dispositivos ajustados en precio y sometidos a economía de escala han permitido el acceso masivo de usuarios a experimentar la VR en comparación con hace pocos años [Olszewski] [Grebner] [Zhang]. La introducción de Oculus Rift y su primer kit de desarrollo en 2013 puede considerarse un punto de inflexión para el despegue de la realidad virtual, aquel en el que la VR se volvió accesible [Riva] [Hilfert] [Kapoor] [Olszewski] [Boletsis]. A continuación aparecieron nuevos dispositivos, como los cascos HTC Vive y los diseñados para la PlayStation de

Sony. La mayor presencia de dispositivos, acompañada de la publicación de kits de desarrollo de software de código abierto, como el ofrecido por el proyecto Open Source Virtual Reality, han acabado de consolidar la VR como una realidad [Kapoor] [Barnes] [Olszewski] [Boletsis]. En paralelo, y proporcionando opciones de acceso más económicas, aparecieron en el mercado soluciones de VR de bajo coste que permiten convertir un teléfono inteligente convencional en un dispositivo de consumo de VR. Ejemplos de ello son Google Cardboard y Samsung Gear VR [Barnes] [Kesselman].

Con los avances recientes, los precios del hardware de los sistemas de realidad virtual han disminuido, especialmente debido a la tracción generada por los mismos en la comunidad de jugadores de videojuegos [Hilfert] [Olszewski]. Este hecho ha permitido transformar la realidad virtual en una tecnología ampliamente accesible y popular en los últimos años [Moreira]. Los usuarios más convencionales tienen la posibilidad de adquirir sistemas de realidad virtual a bajo precio, usarlos cómodamente en su hogar y beneficiarse de que esas mismas ventajas hayan permitido desarrollar aplicaciones de realidad virtual para diversos dominios de aplicación [Boletsis].

Además, la calidad de los entornos virtuales ha aumentado rápidamente, ofreciendo gráficos realistas e «inmersión» completa [Rosen]. Los sistemas de VR de introducción más reciente han aprovechado los rápidos avances de las tarjetas gráficas (GPU, Graphic Processor Units) para producir gráficos de alta calidad y realizar renderizaciones de alta fidelidad de escenas complejas, incluso en la recreación de entornos totalmente inmersivos [Reinert] [Boletsis].

Finalmente, los entornos de realidad virtual multiusuario empiezan a poder considerarse técnicamente robustos, superando la falta de capacidades técnicas y la carencia de una usabilidad intuitiva del pasado. Estos sistemas han comenzado a convertirse en el modelo de las plataformas sociales de próxima generación.

Los sistemas de VR actuales conectan fácilmente a usuarios distantes, los sumergen en entornos virtuales multiusuario y les proporcionan todas las herramientas de comunicación (entrada de texto, audiochat, interfaces de usuario gráficas y colaborativas, etc.) necesarias para la colaboración e interacción multiusuario [Olszewski].

Los entornos de realidad virtual multiusuario empiezan a poder considerarse técnicamente robustos, superando la falta de capacidades técnicas y la carencia de una usabilidad intuitiva del pasado.

Las tendencias mencionadas anteriormente han revivido el potencial de la realidad virtual y acrecentado el interés tanto del público general como de expertos de diversos campos que ven en la VR una potencial fuente de innovación y de investigación.

Teleinmersión

Teleinmersión (TI) es la capacidad de unir virtualmente a personas físicas distantes en un entorno generado artificialmente, permitiéndoles interactuar de una manera similar a la de la presencia física. Permite a los usuarios en diferentes lugares colaborar en un entorno compartido, virtual o simulado, colocando sus réplicas digitales producidas en tiempo real dentro de un mundo virtual [Fanti]. Requiere de unas grandes capacidades en la red de transmisión: velocidades binarias altas, retardo bajo y una casi inexistente pérdida de información por errores de transmisión. Se construye a partir de la unión de realidad virtual y vídeo, apoyándose en altas capacidades de computación. Promueve las sinergias entre redes de comunicaciones y tecnologías de procesamiento de vídeo para mejorar los «entornos de colaboración» que combinan audio, vídeo, mundos virtuales, simulaciones, seguimiento de gestos, expresión facial y captura de posición corporal, entre otros. La teleinmersión ha sido identificada como una de las cinco tecnologías clave necesarias para el desarrollo

futuro de la Internet de Nueva Generación (NGI, *New Generation Internet*).

La calidad de servicio (QoS, *Quality of Service*) y la calidad de experiencia (QoE, *Quality of Experience*) son las principales prioridades que hay que garantizar en la provisión de servicios o aplicaciones inmersivas, mientras que la disponibilidad y la interacción en tiempo real entre los usuarios se consideran desafíos críticos que deben cumplirse, ya que garantizan una experiencia de usuario fluida. Las nuevas capacidades de red deberían proporcionar la respuesta al volumen de datos producidos por las aplicaciones TI en tiempo real, por lo que la nueva red de comunicaciones 5G se convierte en un factor clave para cubrir las necesidades de las aplicaciones de las denominadas «tecnologías de la información» (TI) en tiempo real [5Gent].

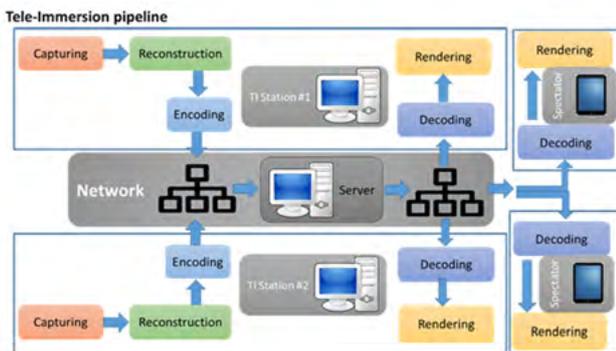


Fig 6. Diagrama de bloques para teleinmersión del proyecto 5G-Media [5G-Media]

Modelado 3D

El modelado 3D juega un papel fundamental en la creación de objetos con formas geométricas y comportamientos físicos naturales en los espacios virtuales tridimensionales. Las formas geométricas rígidas o deformables se pueden representar típicamente mediante polígonos (mallas) o superficies de forma libre. La geometría de malla es una representación popular ampliamente utilizada hoy en día para animación y videojuegos.

Por otra parte, los comportamientos físicos de los objetos también deberían modelarse con el

fin de ilustrar sus propiedades físicas y su comportamiento dinámico, y asumirlas dentro del mundo virtual.

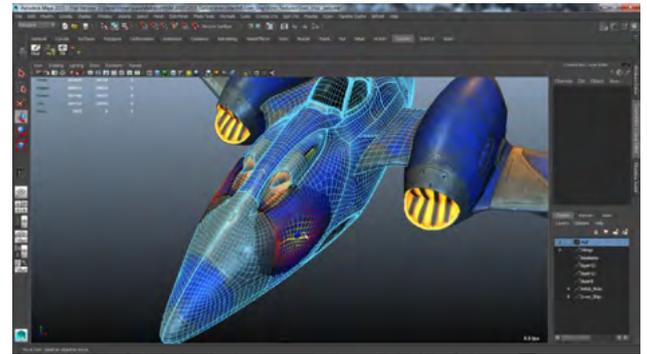


Fig 7. Modelado 3D con mallas variables en el tiempo [Maya]

Con mayor complejidad, la representación de personas mediante avatares plantea preguntas especiales sobre la fidelidad en la captura y representación de las interacciones entre las mallas pertenecientes al cuerpo y las que modelan el entorno digital. Las reconstrucciones 3D de alta calidad visual se crean en forma de mallas variables en el tiempo (TVM, *Time-Varying Mesh*) [Alexiadis] que producen un gran volumen de datos heterogéneos, creando así un escenario de trabajo que constituye un reto tecnológico en la actualidad. Especialmente, debido a que los datos de TVM se pueden comprimir a través de compresión de malla estática o técnicas que aprovechan las correlaciones de los datos a lo largo del tiempo, pero los esquemas de compresión existentes aún no están listos para admitir aplicaciones en tiempo real.

Interfaces de usuario

Existen varias interfaces que coexisten y facilitan las interacciones entre el usuario y los sistemas. Las más antiguas son las interfaces gráficas de usuario (GUI, *Graphic User Interfaces*) utilizadas en aplicaciones de software. No obstante, las interfaces naturales (NI, *Natural Interface*) se están volviendo cada vez más populares para la interacción humano-computadora, estando la primera generación fundamentalmente basada

en la interacción a través de gestos (como la conocida Kinect de Microsoft). Las interfaces de usuario táctiles / hápticas (T / HUI) enfatizan la experiencia al incorporar la sensibilidad táctil para el manejo de objetos o la interacción con maquinaria compleja. Existen ya en el mercado varios dispositivos hápticos o táctiles, como Phantom y diversos Cybergloves [Mingyu].



Fig 8. Sensores para realidad virtual [Mingyu]

La verdadera revolución en el campo de las interfaces proviene de las pantallas de VR montadas en la cabeza (VR HMD, *Virtual Reality Head Mounted Displays*), los comúnmente denominados cascos o gafas de realidad virtual, que han generado la atracción de los usuarios, proporcionando una inmersión sensorial completa y mejorada en entornos virtuales.

Las interfaces de usuario táctiles / hápticas enfatizan la experiencia al incorporar la sensibilidad táctil para el manejo de objetos o la interacción con maquinaria compleja.

Los cascos de VR consisten en un pequeño monitor que tiene la forma o se sitúa en una visera, de modo que ocupa todo el campo de visión del usuario o al menos garantiza que todo lo que el casco muestra siempre está en el campo de visión del usuario. Para lograr generar la sensación de inmersión en un casco, se requiere una alta velocidad de fotogramas (muchas imágenes consecutivas), baja latencia (que el usuario no tenga sensación de que sus acciones reales tardan en ejecutarse en el mundo virtual) y alta calidad visual (que proporciona sensación de realidad). La nueva generación de dispositivos de realidad virtual, como Oculus

Rift y Vive, presentan prestaciones de alto nivel que ningún producto anterior había ofrecido. No obstante, aún son necesarios avances en el campo de visión ofrecido. El campo de visión humano natural es de 210°, mientras que Oculus Rift tiene un campo de visión horizontal de 80°, y Vive de 100°.

El campo de la relación hombre-máquina promueve la construcción y presentación de sistemas complejos de interacción [Oulasvirta]. Sin embargo, el trabajo empírico y conceptual relacionado con la realidad virtual, en torno a la mejora de la experiencia de usuario (UX, *User eXperience*) en los últimos años, puede no haber sido lo suficientemente potente como para impulsar innovaciones disruptivas en este campo [Boletsis]. Por ello, la investigación en torno a la experiencia inmersiva de usuario, a través del estudio de problemas empíricos y la formulación de modelos conceptuales que permitan abordar los desarrollos recientes, es clave para mejorar la capacidad de resolución de problemas de las interacciones hombre-máquina en el entorno de la realidad virtual y lograr avances significativos en este campo. En la actualidad, los profesionales de las interacciones hombre-máquina pueden llevar a cabo nuevos diseños basados en la tecnología VR actualizada; sin embargo, sin fundamentar las contribuciones en baterías de pruebas bien consolidadas, los resultados tendrán un bajo impacto y nula capacidad para resolver los problemas que actualmente dificultan el uso generalizado de estas tecnologías. Por tanto, el trabajo práctico para la evolución de los sistemas de realidad virtual debe hacerse de tal forma que sus planteamientos permitan recabar información sobre el diseño y su usabilidad, mientras que los diseños, y su trabajo constructivo asociado, deben ser incorporados e impulsados tras ser validados desde la experiencia. Los conceptos, teorías, métodos y modelos integradores deberían actuar como vínculo de conexión entre las soluciones de diseño y el trabajo experimental [Oulasvirta] [Boletsis]. Esta aproximación requiere reformular los modelos anteriormente utilizados tanto para

la medición de la experiencia de usuario como para las interacciones hombre-máquina, y tratar de enfocar los problemas a solucionar desde un nuevo prisma.

Hasta la fecha, los avances en el campo de la VR han venido propiciados por la evolución de las soluciones hardware, y son estas las que afectan y alteran fuertemente la experiencia del usuario de VR. Algunos elementos clave de los servicios y aplicaciones de VR, como la gestión del texto dentro del entorno virtual o los aspectos vinculados al movimiento [Bozgeyikli], necesitan reexaminarse desde la perspectiva de la usabilidad y centrándose en la experiencia que ofrecen al usuario. Naturalmente, se han dado pasos en la dirección correcta (como los trabajos experimentales de [Porta] y [Kitson] para la introducción de texto y la movilidad virtual respectivamente), pero se necesita un mayor esfuerzo para cubrir los avances demandados por el usuario en este campo, rápidamente cambiante, de la realidad virtual.

La holografía es una técnica fotográfica que a través del empleo de la luz es capaz de proyectar un objeto tridimensional que no está físicamente allí.

Holografía

La holografía es una técnica fotográfica que a través del empleo de la luz es capaz de proyectar un objeto tridimensional que no está físicamente allí. Un holograma es una grabación fotográfica de un campo de luz utilizado para mostrar una imagen tridimensional (3-D) completa del sujeto holografiado, que puede percibirse sin la ayuda de una óptica intermedia. A nivel de investigación, los objetivos principales en la actualidad radican en ampliar el ángulo de visión y el tamaño de las imágenes 3D.

La holografía en tiempo real de una escena, objeto o persona en vivo requiere considerables recursos informáticos, que incluyen cámaras de

alta resolución, cálculo de la percepción de profundidad mediante sensores y reproducción precisa y de alta velocidad del vídeo en vivo [Kim].



Fig 9. Holograma [RTVE]

El principal impulsor actual de la tecnología de visualización holográfica y volumétrica es la industria del entretenimiento, pensando en aplicaciones como la televisión y el cine 3-D, los videojuegos y el desarrollo de nuevos modelos de dispositivos móviles [Sano].

Pero, más allá del entretenimiento, hay varios campos entre los que se pueden citar el arte, las imágenes biomédicas, la visualización científica, el diseño de ingeniería, entre otros, que están empezando a incorporar el uso de hologramas, apoyados en que la tecnología es, progresivamente, de más fácil acceso. La industria, el marketing y la publicidad, así como la formación y capacitación específicas, son otros sectores que empiezan a incorporar hologramas para sus cometidos, especialmente a partir del impulso que está cobrando la interacción con la imagen proyectada.

Existe un crecimiento significativo en la investigación y el desarrollo de tecnología de visualización holográfica (y volumétrica 3-D). De hecho, un informe de investigación de mercado publicado en 2015 por Markets and Markets sobre el mercado de pantallas holográficas estima que este mercado crecerá hasta alcanzar los 2500 millones de euros en 2020 [M&M].

Áreas de aplicación

Juegos

La industria de los juegos ha favorecido, de manera muy importante, el despegue del uso doméstico de la tecnología VR. El motivo es muy sencillo: las primeras plataformas que ofrecían esta posibilidad se centraron, prácticamente de manera exclusiva, en ofrecer juegos muy realistas, con gráficos de gran calidad. Inicialmente, los juegos fueron de uso individual, para posteriormente evolucionar a plataformas en red que permiten interactuar a diferentes usuarios ubicados en cualquier parte del mundo [Youngkyun].

Este importante empuje se espera que se mantenga en los próximos años. Es más, será el entorno de los juegos el que suponga una auténtica revolución y haga que la VR se convierta en algo cotidiano a nivel doméstico. La diferencia entre categoría doméstica y profesional será, con toda seguridad, la misma que, en estos momentos, rige para otros entornos: la diferencia en coste de los equipos utilizados y el nivel de realismo ofrecido.

La industria de los juegos ha favorecido, de manera muy importante, el despegue del uso doméstico de la tecnología VR.

Según el informe de Grand View Research [Grand View], se calcula que, en 2015, el volumen de negocio que los juegos de VR producían superaba los dos mil millones de euros, incluyendo tanto aspectos de desarrollo software como de fabricación y venta de dispositivos VR. El principal foco de este beneficio se centra en Estados Unidos, si bien China parece estar despertando a este entorno de manera muy agresiva. Se estima que este volumen de negocio crecerá hasta los 4,5 billones (con b) de euros para 2025 a nivel mundial. Se asume que los *smartphones* supondrán un motor de crecimiento muy importante en dicho periodo. Las regiones

de mayor crecimiento esperado, en relación a la situación actual, se centran en Latinoamérica, Asia y Oriente Medio.

Los dispositivos para captación (cámaras de 360°, *smartphones* de alta gama) y edición de contenidos en VR han evolucionado de manera muy importante, facilitando que hoy en día cualquier persona pueda generar contenidos reales, es decir, capturados y procesados por él mismo, de su entorno real. En cuanto a gráficos sintéticos, la situación es casi más fácil para las empresas que los desarrollan, ya que solo necesitan recrear la perspectiva desde varios puntos de vista (lo cual es algo natural y disponible en todas las aplicaciones de generación de gráficos sintéticos tridimensionales) y disponer de un buen procesador (bien en local o bien en remoto, en la nube) para realizar la técnica de «cosido» (*stitching* en inglés) de las imágenes que permite generar el punto de vista del observador.

En cuanto a los dispositivos para generación de sensaciones realistas, serán los propios diseñadores de juegos los que, tal vez, vayan marcando el paso de su desarrollo y evolución. El bajo coste de los sensores inerciales disponibles ya en prácticamente todos los teléfonos móviles, y el control que se tiene sobre la señal que proporcionan, hará que se puedan desarrollar artilugios que emulen, de manera muy realista, el uso de elementos para los juegos: varitas mágicas, arcos y flechas, pistolas y fusiles, escudos, objetos cotidianos como pan, un lapicero, una mesa, etc. Se espera, también, que los guantes ofrezcan sensaciones muy realistas sobre las texturas, durezas, formas de los objetos, etc., siendo un elemento muy habitual en los hogares. Se está trabajando [Smeddinck] [Makery] [Kat] en el diseño de alfombras y plataformas que facilitan el movimiento del observador, andando o corriendo, por el mundo virtual, en todas direcciones.

Procesos productivos

Las distintas evoluciones de los procesos industriales, agrupados en torno a grandes cambios en los modelos productivos y denominados revoluciones industriales, han supuesto puntos de inflexión en los modelos, condiciones y metodologías de trabajo a gran escala. En la actualidad, la denominada cuarta revolución industrial o Industria 4.0 se define por la introducción masiva de las tecnologías digitales en los sistemas de producción, la transformación digital aplicada a la industria. Con este cambio, la industria pretende reaccionar ante un entorno cada vez más complejo y competitivo, ofreciendo como respuesta la flexibilidad necesaria para acometer procesos productivos cada vez más individualizados y centrados en el consumidor final, que a su vez permitan competir en un mercado más global.

Entre los puntos clave de este nuevo paradigma se encuentran la introducción de la realidad aumentada y la mejora de los procesos de simulación y prototipado, ambos muy propicios para aprovechar las tecnologías inmersivas, al igual que los procesos de formación y entrenamiento de personal. Muchas empresas consideran que las tecnologías inmersivas permiten mejorar su competitividad y eficacia al facilitar la recreación de los procesos productivos antes de que se lleven a cabo.

La aplicación de soluciones que incorporan tecnologías inmersivas dentro de la industria es una tendencia en consolidación y con un fuerte crecimiento. El principal reto a que se enfrenta es el de lograr la mejora de los procesos productivos a través de sistemas que empotren capacidades inmersivas para las fases de diseño y fabricación, tanto a nivel de productos como de procesos. Y lograr con su aplicación una disminución de los tiempos de fabricación, mejora de la calidad, reducción de costes y, a través del perfeccionamiento de estos parámetros, un incremento global de la productividad.

Las aplicaciones de VR aplicadas a las fases mecánicas están bastante bien establecidas: diseño, planificación, programación de la producción, mecanizado, ensamblaje, etc. Muchas tareas de fabricación se han llevado a cabo a través de procesamiento de información mediante ordenadores, típicamente el prototipado por medio de herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD, *Computer-Aided Design*). Estos modelos pretenden representar las estructuras necesarias en los sistemas de fabricación y simular su comportamiento físico en la operativa real, facilitando información valiosa para el control del proceso.

Muchas empresas consideran que las tecnologías inmersivas permiten mejorar su competitividad y eficacia al facilitar la recreación de los procesos productivos antes de que se lleven a cabo.

Este mecanismo de trabajo quiere verse incrementado mediante la inclusión del usuario final en una etapa cada vez más temprana del diseño. La incorporación de factores humanos, como la usabilidad, en las primeras etapas del proceso de diseño es un desafío para la generación digital de prototipos y maquetas, que implican interacciones plausibles y transferibles entre el diseño de productos, los futuros usuarios y los modelos CAD.

Educación

Se atribuye a Albert Einstein la frase en la que afirma que «yo nunca enseñé a mis alumnos, solo intento proporcionarles las condiciones para que puedan aprender». Basándose en este principio, han surgido en los últimos cinco años múltiples empresas dedicadas a generar aplicaciones de software [[Unimersiv](#)] [[Immersive VR Education](#)] que, apoyadas por cascos y dispositivos auxiliares de VR, permiten generar y grabar clases virtuales interactivas sobre múltiples temas: biología marina, historia antigua, fisiología humana, matemáticas, ingeniería del espacio, etc. Las clases se pueden disfrutar posteriormente, incluso varias veces, detenerse en momentos concretos para

cambiar la perspectiva de los elementos visualizados y comprender mejor su estructura, forma, textura, etc.

Estos nuevos sistemas de educación permiten, por tanto, no solo acercarse de un modo diferente a los elementos estudiados, sino también proporcionar un mecanismo de estudio nuevo a los alumnos, donde dejan de ser meros receptores pasivos de información, al estilo de las tradicionales clases magistrales, para convertirse en actores y protagonistas del propio proceso de aprendizaje, determinando los tiempos que cada uno requiere para estudiar y asimilar determinados conocimientos, y estableciendo un ritmo personalizado.

Este tipo de sistemas de educación es muy adecuado también para tareas de entrenamiento en procesos que requieran interacción con dispositivos complejos, estáticos y/o móviles, como maquinaria industrial, carretillas elevadoras [Forklift 2017], grúas de estibador, conducción de coches y camiones con y sin remolque, pilotaje de aviones y barcos, etc. [Immerse VR]. Es evidente que hay casos concretos donde los costosos y complejos sistemas de VR siguen siendo necesarios, como los aviones, donde las sensaciones de ascenso, caída o giro deban ser reproducidas con sistemas mecánicos y móviles especiales, no disponibles a corto plazo para un entorno «doméstico». No obstante, para el resto de los casos, con un sistema razonablemente simple de VR se puede conseguir un entrenamiento de muy alto nivel.

Las expectativas de crecimiento en el sector de la educación superior [Ravipati] superan el 85 % para 2020, si bien, para que dicho crecimiento se produzca a este nivel, se espera que se popularicen y desciendan los precios de los cascos VR, fundamentalmente gracias al empleo de cascos pasivos simples que hagan uso de *smartphones*.

Medicina

La telemedicina es desde hace años una realidad aceptada y validada para el tratamiento y segui-

miento de pacientes con diferentes problemas de salud. Desde la introducción de la Web 2.0 que introdujo nuevas, y más dinámicas, formas de interacción y colaboración entre múltiples usuarios, cualquier avance que haya aportado una novedad significativa en estos campos se ha tenido en consideración para la mejora de estos servicios asistenciales. Las potencialidades que introduce la interacción entre los mundos reales y virtuales a nivel de mejora de la sensación de presencia, y el incremento de las facilidades de comunicación, rápidamente han situado las tecnologías inmersivas entre las de más inmediata aplicación al campo de la salud.

De su aplicación es esperable la mejora del proceso de comunicación clínica que influya positivamente en los procesos grupales y en la cohesión en terapias grupales, y que fomente mayores niveles de confianza interpersonal entre terapeutas y pacientes. Dentro de las tendencias en el campo de la salud hacia mayores capacidades de monitorización automática y seguimiento basado en procesado de datos, que busquen patrones dentro de las variables biológicas que proporcionen indicios de problemas de salud, las potenciales aplicaciones de las tecnologías inmersivas son muy amplias.

La telemedicina es desde hace años una realidad aceptada y validada para el tratamiento y seguimiento de pacientes con diferentes problemas de salud.

Los entornos inmersivos están revolucionando la capacitación para profesionales de la salud, incluso permitiendo practicar procedimientos quirúrgicos a los estudiantes de Medicina. El análisis de imágenes y la reconstrucción pueden mejorar el diagnóstico y el tratamiento de lesiones.

La incorporación de toda la información de las variables del paciente mediante realidad aumentada durante la operación, la capacidad de simular extracciones o cirugías tanto invasivas como no, la opción de poder analizar órganos o singularidades

anatómicas con visión 360° evitando los ángulos muertos de visión que vienen impuestos por las zonas de acceso, la asesoría y telecolaboración de expertos sin necesidad de desplazamiento físico, son realidades con las que las tecnologías inmersivas están revolucionando la medicina [Bowman].

La capacidad de la VR aplicada a la medicina llega a límites como mejorar la rehabilitación del accidente cerebrovascular. Por ejemplo, la tecnología de realidad virtual tiene el potencial de «engañar» a las víctimas de accidentes cerebrovasculares para que recuperen el control de las extremidades que pensaban que se habían vuelto impotentes, y acelerar significativamente los tiempos de rehabilitación [Dcat].

Industrias creativas

Cine

Se entiende por cine VR aquel que permite al espectador disfrutar una película con 360° de perspectiva, pudiendo rotar sobre sí mismo para cambiar su punto de vista, e incluso subir o bajar la cabeza ligeramente. En Melbourne hay ya abierta una sala de cine, con doce butacas giratorias y cómodas, donde el espectador puede disfrutar de películas rodadas con cámaras estáticas que capturan en 360° [Independent]. Se trata de una experiencia nueva, donde el director no puede jugar con la clásica única perspectiva ofrecida al espectador, ya que es este el que elige lo que quiere ver en cada escena. El reto, por tanto, desde el punto de vista artístico es tremendo, y esta nueva modalidad de cine está aún por descubrir, tanto para el espectador como para el equipo creativo.

El cine VR supone una total ruptura de la limitación de las «cuatro paredes» que encierran al espectador hasta la fecha, ya que permiten colocarlo «entre» los personajes, convirtiéndolo en un elemento más de la película. Se puede abandonar el clásico rol pasivo de mero observador de los acontecimientos, para subir a la

carretilla de la mina junto con Indiana Jones en *El templo maldito* y experimentar una auténtica sensación de vértigo. Yendo aún más lejos, se puede facilitar al espectador que determine la evolución de la trama y condicione el final de la obra, tal como ha implementado el grupo de investigación V-SENSE de Trinity College Dublin [V-SENSE] con su puesta en escena, en VR, de la obra *Play*, de Samuel Beckett, escrita en 1963. Dicha obra incluye tres personajes, con monólogos que admiten cierta alteración en el orden de su interpretación, y es el orden el que determina la evolución y el final de la obra. Situando al espectador en medio del escenario, y permitiendo que sea él el que determine el orden de intervención de los actores con su simple mirada en VR, cada representación es una obra diferente.

El cine VR supone una total ruptura de la limitación de las «cuatro paredes» que encierran al espectador y permite colocarlo «entre» los personajes, convirtiéndolo en un elemento más de la película.

No se espera que la realidad virtual sustituya al cine convencional. Sin embargo, sí queda patente que abre un tremendo nuevo universo de expectativas creativas, donde no solo es necesario construir historias atractivas. En este nuevo escenario, el director puede sumergir al espectador en ese mundo imaginario, asignando roles que aún están por descubrir. Algunos inversores están ya trabajando en la creación de salas especiales, denominadas «Location Based VR – LBVR», donde se le facilita al espectador este tipo de nuevas experiencias, proporcionando tanto el casco de VR como el resto de los dispositivos necesarios para experimentar completamente la obra ofrecida [Forbes]. Actualmente existen cuatro tipos de entornos LBVR:

- VRcades, que son espacios similares a los billares tradicionales, y que proporcionan un casco de realidad virtual.
- Sistemas VR Coasters, que se consideran domésticos, ya que un simple casco

combinado con un *smartphone* posibilita la experiencia.

- Salas de cine VR, con asientos giratorios, que proporcionan el equipamiento necesario para la experimentación.
- Sistemas de movimiento libre, con alfombras y superficies que permiten movimiento al observador.

El país que más ha desarrollado las salas VR es China, donde a finales de 2016 se estimaba que existían un total de cinco mil salas en todo el país. Le seguía Estados Unidos, con mil VR, y Japón, Corea y el resto de Asia con quinientas.

Música

En el ámbito de la música se pueden distinguir dos claras tendencias en su vínculo con la sensación de inmersión: por una parte, los desarrollos tecnológicos para generar una mayor sensación de realidad en los sonidos generados, y por otra, las nuevas experiencias musicales que están surgiendo en el entorno de la VR.

En los últimos años se ha producido un avance muy importante en la capacidad de los reproductores para simular campos sonoros con fuentes acústicas claramente ubicadas en el espacio tridimensional, controlando tanto aspectos de lateralidad (izquierda-derecha) como de verticalidad (arriba-abajo). En estos momentos, no solo se puede saber de qué lado proviene la fuente sonora, sino que también es posible simular una fuente de señal acústica en un rango de alturas determinadas, recreando, por ejemplo, el ruido que produce la lluvia al golpear con las hojas de los árboles que están por encima del oyente. Los dos sistemas que tienen esta capacidad son Dolby Atmos [[Atmos](#)] y DTS:X [[DTS](#)]. Ambos se pueden utilizar tanto en entornos profesionales (salas de cine, teatros, etc.) como domésticos, si bien, como es evidente, cuanto mejores sean los dispositivos de reproducción (altavoces) y más adecuadamente se hayan dispuesto en la

sala, mejor será la experiencia auditiva. DTS:X se promociona como el sistema que permite generar el campo acústico tridimensional con la distribución de altavoces que tenga el usuario, sin una configuración específica. Atmos, por el contrario, sugiere trabajar con configuraciones multicanal 5.1.2, 7.1.4 o similares. En ambas configuraciones, el primer dígito hace alusión al número de altavoces que rodean al usuario en el plano horizontal y el segundo al canal del subwoofer, que genera los efectos de baja frecuencia (LFE, *Low Frequency Effects*), en tanto que el tercer dígito se refiere a los altavoces que se colocan orientados hacia arriba o hacia abajo (en el techo, o inclinados apuntando hacia el techo, donde buscan reflexiones verticales de las ondas sonoras).

La posibilidad de generar campos acústicos tridimensionales combina muy bien con las gafas de VR, permitiendo recrear entornos reales o virtuales por los que el usuario navegue.

Por otro lado, la posibilidad de generar campos acústicos tridimensionales combina muy bien con las gafas de VR, permitiendo recrear entornos reales o virtuales donde el usuario puede navegar y donde el sonido se genera dinámicamente de manera coherente con la posición relativa entre el usuario y las fuentes sonoras. Recientemente han surgido canales audiovisuales que permiten este tipo de experiencias y que se promocionan como proveedores de servicios musicales de realidad mixta, realidad virtual y realidad aumentada [[VRtify](#)]. Dichos canales permiten, con el uso de gafas VR, que el usuario se rodee de una orquesta filarmónica, situándose entre los músicos en su posición favorita o, simplemente, moviéndose entre ellos. También permiten disfrutar de conciertos reales o virtuales donde el usuario se puede situar en el escenario, junto con los músicos y cantantes, o incluso ser uno de ellos, recibiendo el aplauso y demás «sonidos» de los espectadores. En este sentido, están surgiendo juegos y aplicaciones de *smartphones* que facilitan esta posibilidad. Se espera [[BBC](#)] que este tipo de

plataformas de consumo musical revolucionen el escenario actual, en paralelo a la proliferación del uso de cascos VR.

Artes visuales y escénicas

Las tecnologías inmersivas ya están transformando la forma en que el espectador crea y experimenta el contenido. Las nuevas modalidades narrativas que emplean inmersividad permiten al espectador sentir, actuar y vivir la historia de una manera radicalmente nueva y sorprendente. A esta revolución no son ajenas las artes escénicas, que avanzan en la integración de estas tecnologías en su oferta al espectador.

La holografía, por ejemplo, permite la introducción en la escena de elementos, como personas u objetos, que comparten el espacio físico tridimensional con actores y escenografía, y permiten jugar con los conceptos de tiempo y espacio narrativos.

La realidad virtual y la teleinmersión están permitiendo generar modelos creativos colaborativos y distribuidos, de especial interés en la creación, con énfasis en la originalidad e improvisación en consonancia con el usuario, con la posibilidad de fusión de estilos internacionales y enriqueciendo la experiencia de los autores y actores por la posibilidad de colaboración e interacción remota en tiempo real.

La música o el teatro introducen novedades también para el usuario a distancia. Se pueden experimentar desde casa obras y conciertos generando condiciones similares a las del espacio original y proporcionando una experiencia alternativa más real e integradora. De la misma forma, la virtualización de la asistencia permite acceder a diferentes puntos de vista o situaciones que son imposibles en el entorno real: compartir escenario con los músicos, pasear entre los miembros de una orquesta y recibir las percepciones auditivas correspondientes al punto exacto frente a todos los instrumentos, o moverse en la escena durante la representación.

Por otra parte, la realidad aumentada está facilitando la accesibilidad de personas con discapacidad a los espectáculos audiovisuales; los diálogos en forma de subtítulos sobre la pantalla de los dispositivos de AR permiten, por ejemplo, que personas con discapacidad auditiva o sordos puedan disfrutar de la obra sin necesidad de representaciones especiales.

Las nuevas modalidades narrativas que emplean inmersividad permiten al espectador sentir, actuar y vivir la historia de una manera radicalmente nueva y sorprendente.

Finalmente, las artes visuales, la creación artística apoyada en la transformación digital, el arte digital, las «videoperformances» y las obras multimedia e interactivas, en las cuales la acción puede ser llevada adelante tanto por el artista como por el espectador, se han convertido en realidades de las escuelas creativas. Estas formas abren un nuevo camino al arte que multiplica las posibilidades de creación y experimentación.

Literatura

Aunque existe una corriente pesimista en cuanto a la disputa entre las crecientes posibilidades y las expectativas ligadas a su conocimiento por parte del usuario, capaces de generar experiencias innovadoras de consumo audiovisual, y su impacto negativo en la literatura; o en como la evolución del libro, soporte histórico de la literatura, puede apenas competir con los importantes avances de otros campos de consumo cultural, también existen planteamientos que, alejándose del modo de consumo, se centran en replantear la manera en que se transforman la lectura y la escritura como experiencias, más allá de valorar el impacto de la digitalización en el mercado del libro.

Para Casciari [Casci] existen dos elementos claves para entender la situación: por una parte la ingente cantidad de información y de interacciones que se producen en nuestro «entorno tecnosocial»: mensajes de texto, *tweets*, noticias

en tiempo real, recomendaciones de contenido interesante ajustado a nuestros deseos... Por otro, la capacidad de, apoyándose en las posibilidades de la tecnología, continuar ofreciendo una experiencia al «lector» de «lectura profunda e inmersiva que requiere la tecnología», siendo «el futuro de la literatura dependiente de la posibilidad de mantener esas características inmersivas».

Como indica Paladines Paredes [Palad]:

El proceso de lectura, al ser combinado con el uso de nuevas tecnologías, permite cambiar la manera en la que el lector aborda el texto literario. Géneros como el histórico, fantástico o ciencia ficción, por ejemplo, se potencian con las cualidades narrativas de otros soportes multimedia como imágenes, vídeo o animaciones. Si bien el lector imagina cada una de las escenas descritas en el libro, los personajes, sus situaciones y las locaciones descritas al momento de leer, los otros recursos mediáticos complementan la experiencia, produciendo un efecto inmersivo.

Por tanto, la tecnología inmersiva empieza a ser considerada como una herramienta más en el proceso creativo, proporcionando nuevos formatos y soportes, y un facilitador del acceso a la literatura de nuevas generaciones acostumbradas a otros lenguajes narrativos y con otras apetencias de contenido.

Otras aplicaciones

La creatividad en la aplicación de las capacidades que las tecnologías inmersivas facilitan ha ido paulatinamente entrando en muchas aplicaciones en las que la componente audiovisual del contenido generado y ofrecido al usuario es el elemento central de la misma.

Por ejemplo, las tecnologías de AR están creando experiencias mejoradas para los turistas de todo el mundo al proporcionar una superposición de la información histórica o cultural importante relevante para los lugares más visitados.

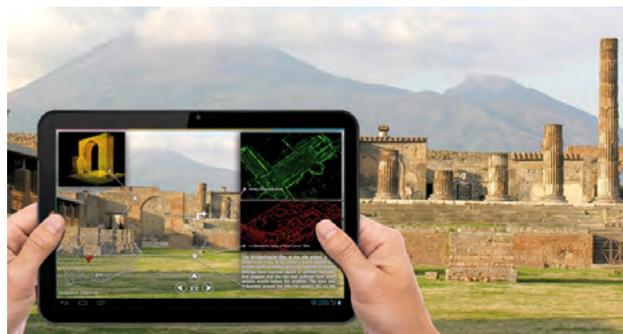


Fig. 10. Ejemplo de aplicación de AR para turistas del proyecto Inception [Inception]

Estas aplicaciones van desde la incorporación integrada de todo tipo de información contextual que dinamiza la experiencia del usuario, hasta la capacidad de recreación completa del entorno original, en numerosas ocasiones completamente perdido, que permite una comprensión más profunda de la majestuosidad, importancia estratégica o tipología de la actividad del entorno visitado.

En la misma línea, los museos están renovando su oferta mostrando recreaciones virtuales del contexto original de la obra de arte. Estas posibilidades permiten, por ejemplo, componer el conjunto de una obra a pesar de que las piezas físicas estén dispersas, contextualizar la obra en su emplazamiento original o acercar otras obras del autor, o de temática similar a la que se está visualizando, de forma inmediata.

Se llega al extremo de virtualizar, como en la propuesta del museo Smithsonian, realidades completamente irreproducibles por la imposibilidad física o por criterios de conservación, permitiendo la inmersión del usuario en un auténtico viaje por el tiempo.



Fig. 11. Smithsonian: Tour virtual de las culturas occidentales

El marketing y la publicidad son otras industrias que obtienen una clara ventaja de la inmersión. Se pueden probar nuevos productos a través de la realidad virtual, creando un mayor impacto en los consumidores finales; las experiencias en oferta se pueden simular y se puede personalizar el producto o servicio final para estar más cerca de las preferencias del usuario. Como se comentó con anterioridad para los procesos de fabricación, en ambos campos existe una clara tendencia a situar al usuario consumidor como nuevo centro de los procesos. De esta forma, a nivel de diseño el usuario puede participar de forma activa en la configuración final del producto o servicio asegurándose la mayor personalización de la oferta, y en sentido inverso, las capacidades propician que la publicidad pueda adelantar la experiencia y atraer al usuario al producto o servicio, de cuya creación participará posteriormente.

Por lo tanto, la inmersión tendrá un impacto en la forma de crear contenido para juegos, entretenimiento y artes, siempre que los creadores dediquen tiempo y recursos para desarrollar contenido para tecnologías inmersivas.

Impacto económico esperado. Volumen de negocio actual y esperado de este ámbito tecnológico

El contenido inmersivo tiene un enorme potencial en sectores muy diversos de las economías modernas. Aunque las tecnologías inmersivas pueden considerarse todavía en la infancia, los *think tanks* planifican usos para ellas que van desde los campos de aplicación más convencionales, como los videojuegos y el entretenimiento, hasta conceptos más nuevos y revolucionarios.

Ya hemos sido testigos de una explosión de contenido generado por el usuario, con los *selfies* como la manifestación más evidente de esta tendencia cada vez con mayor arraigo. En el futuro cercano, sin embargo, las personas harán más que crear contenidos digitales a un ritmo

creciente: llegarán a crear medios de forma pasiva.

Una producción de contenido de tal dimensión necesita nuevas formas de analizarse y aprovecharse para fines útiles, y las tecnologías inmersivas (junto con las técnicas de Big Data) son una de las principales herramientas que permitirán ofrecer valor al usuario.

Las tecnologías inmersivas (junto con las técnicas de Big Data) son una de las principales herramientas que permitirán ofrecer valor al usuario.

Una amplia gama de aplicaciones son previsible, pero aún no están presentes en el mercado. Por ejemplo, las gafas inteligentes podrían fácilmente permitir el almacenamiento de cada palabra leída. Esta capacidad, a su vez, cambiaría la forma en que los usuarios consumen el texto. Mientras se lee, las imágenes de personas, entidades y lugares se pueden asociar en un segundo plano con el texto y se podrían voluntariamente invocar con un toque en el momento deseado. Estas posibilidades afectarán igualmente a la forma de escribir y producir el texto. Los medios futuros fusionarán texto e imágenes de formas nuevas y sorprendentes.

Para que la realidad virtual siga creciendo, el precio debe descender a un nivel al que pueda acceder una gran base de consumidores. Al igual que en el comienzo de prácticamente todas las tecnologías, el ciclo de vida del precio comienza por valores elevados y finalmente se reduce.

El interés del consumidor en el contenido inmersivo está aumentando. Se espera que las ventas de hardware lleguen a 2400 millones de euros en 2017, según la consultora de realidad virtual KZero. Para el software, principalmente videojuegos en este momento, KZero estima ventas de 28 001 millones de euros para 2018.

Facebook ha pagado dos mil millones por Oculus VR, principalmente por su capacidad de aplicar la

realidad virtual a los juegos, iniciando la discusión de cuál será el papel de la realidad virtual en las redes sociales del futuro. Google, por otra parte, ha presentado las especificaciones de un casco de VR simple de cartón (Google Cardboard).

Pero incluso con todas estas nuevas aplicaciones ya en el mercado o surgiendo, el contenido y las tecnologías inmersivas pueden ser difíciles de explicar y, en algunos aspectos, difíciles de aceptar.

Parece evidente que los juegos inmersivos llevarán a la adopción masiva de estas tecnologías por parte de los consumidores, y que la competencia en el sector de los juegos generará hardware nuevo con mayor capacidad, que mejorará rápidamente la propuesta de valor y el precio para el usuario final. Por ejemplo, Vive, Samsung Gear, Oculus Rift y el proyecto Morpheus de Sony son ejemplos de productos muy prometedores.

Se espera que el contenido y la tecnología inmersivos e interactivos permitirán el crecimiento y el despliegue en diferentes sectores de la industria de la UE gracias a:

- La apertura de nuevos mercados para los actores TIC: un entorno inmersivo paneuropeo abierto y seguro ofrece a los desarrolladores la posibilidad de crear una amplia gama de aplicaciones innovadoras.
- Una respuesta rápida a nuevas oportunidades sostenibles de mercado basadas en modelos comerciales convergentes entre las industrias de contenido, telecomunicaciones, radiodifusión y electrónica de consumo.
- Un incremento de las oportunidades de negocio para las pymes creativas. Las pequeñas y medianas empresas representan casi el 95 % de las empresas en el sector creativo en términos de empleo, y alrededor del 70 % en términos de facturación, demostrando una ventaja competitiva

sobre las grandes empresas en términos de eficiencia, productividad y competitividad.

El entorno abierto defendido para los desarrollos técnicos ligados a la inmersividad permitirá la creación de ecosistemas creativos en los que las pymes pueden prosperar, asentados sobre la calidad y la diversidad de actores, y con enfoque en múltiples mercados. El ejemplo más obvio es el uso cada vez más extenso del diseño en la industria del automóvil, que permite agregar valor a los productos, servicios, procesos y estructuras del mercado.

Tanto el contenido como las tecnologías inmersivas están llamados a ser un factor de impacto en la economía, en tanto en cuanto se asienten sobre modelos de negocio sólidos donde se puedan convertir en elementos diferenciales y proporcionar ventajas competitivas.

Conclusiones y recomendaciones

Las tecnologías inmersivas se están consolidando como uno de los retos tecnológicos de mayor nivel en el ecosistema de los contenidos. Los avances en la generación de servicios 3D de realidad virtual y aumentada, la aparición gradual de una variedad de dispositivos 3D económicos (gafas, pantallas 3D, etc.) o la oportunidad que ofrece la holografía dan una idea de lo rápidamente que está emergiendo la inmersión.

Las cascos de VR mejorados, que actualmente están concebidos principalmente para videojuegos de realidad virtual y vídeo de 360°, están evolucionando hacia el consumo de vídeo de Free Viewpoint. El contenido se está creando para muchos géneros distintos; actualmente, entre los que utilizan vídeo 360° se pueden citar deportes (en vivo), actuaciones musicales, turismo virtual, contenido educativo, contenido para adultos, ficción, noticias y documentales, y los flujos de vídeo de eSports.

Se espera que el contenido generado por el usuario (UGC) constituya la segunda gran ola

de contenido, en forma de vídeos cortos en un contexto asociado a mensajes concebidos para ser compartidos y consumidos en las redes sociales, incluso en directo. Los dispositivos personales (teléfonos inteligentes y tabletas) con capacidades multivista y autoestereoscópicas permitirán a los usuarios disfrutar de los contenidos descritos anteriormente cuando no estén en disposición de usar hardware específico de VR.

Consideramos que el camino hacia una VR de alto impacto social como tecnología habilitante de inmersividad para sectores como educación, salud, industria, etc. pasa por su capacidad para resolver problemas y ofrecer una experiencia de usuario fluida, uniforme y cómoda, siendo capaz de solucionar los retos y necesidades de interacción.

Las tecnologías inmersivas se están consolidando como uno de los retos tecnológicos de mayor nivel en el ecosistema de los contenidos.

Los retos de la inmersividad pasan por:

- Algoritmos robustos para crear contenidos volumétricos 3D desde múltiples cámaras, cámaras estéreo, teléfonos inteligentes con múltiples cámaras y/o cámaras de profundidad, múltiples cámaras robotizadas (por ejemplo, drones); enfoques híbridos que combinan el preprocesamiento local y la síntesis basada en la nube; configuraciones sin calibración.
- Nuevos formatos de representación de medios volumétricos 3D, equilibrando los requisitos de procesamiento de la comprensión, la eficiencia de la misma, el ancho de banda y las capacidades de manipulación. (La comunicación holográfica de UGC requerirá capacidades de manipulación similares a la mensajería visual actual, como embellecimiento, pegatinas y comentarios, cambios de fondo, máscaras divertidas y transformaciones, etc.).
- Distribución de contenidos 3D eficientes. La transmisión del vídeo holográfico planteará importantes desafíos de ancho de banda. Se requerirá investigación sobre nuevas soluciones de red que transmitan vídeos holográficos personalizados basados en la percepción a los usuarios a través de CDN, teniendo en cuenta el ancho de banda, la latencia y las cargas de procesamiento tanto local como en la nube.
- Interacción hombre-máquina. Muchos tipos de interacción hombre-máquina se desarrollarán en un futuro cercano, permitiendo a los consumidores una gama más amplia de actividades y un espectro más amplio de experiencias. Será clave la gestión que pueda obtenerse de la vinculación del usuario con el contenido y la plataforma de acceso, su sintonía con su representación digital y la transferencia de experiencia entre el mundo virtual y el real. Se esperan nuevos desarrollos para avatares y robots, sensores hápticos, interfaces de computadora cerebral (BCI, *Brain Computer Interface*), sentido de presencia mejorado (ESP, *Enhanced Sense of Presence*), detección y monitorización, calidad de experiencia (QoE), monitorización y análisis de audiencias.
- Uso de múltiples sensores de captura audiovisual para la creación de contenido multiángulo dentro de la creación de vídeo de punto de vista libre para el consumo mediante VR y AR. Las oportunidades de captura incluyen vídeo, audio y profundidad (radar, sonar, lidar) y podrían incorporar vehículos terrestres autónomos operados a distancia, aviones no tripulados y globos, todos ellos regidos por reglas y estrategias de captura para equipos de cámaras robotizadas.
- Herramientas de orquestación de contenidos para administrar dispositivos múltiples y heterogéneos alimentados a través de múltiples redes heterogéneas, con el fin de crear experiencias interactivas e inmersivas.

Referencias bibliográficas

[5GENT] 5G-PPP, *5G and Media & Entertainment* (libro blanco), 19 de enero de 2016.

Accesible en: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2016/02/5G-PPP-White-Paper-on-Media-Entertainment-Vertical-Sector.pdf>

[Alexiadis] D. Alexiadis, *et al.*, «An integrated platform for live 3D human reconstruction and motion capturing», *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 27, n.º 4, abril de 2017.

[Arns] L. L. Arns, *A new taxonomy for locomotion in virtual environments*, Ames, Iowa State University, 2002.

[Atmos] <https://www.dolby.com/es/es/brands/dolby-atmos.html>

[Barnes] S. Barnes, «Understanding Virtual Reality in Marketing: Nature, Implications and Potential», *SSRN*, enero de 2017, pp. 1-50.

[BBC] <http://www.bbc.com/news/business-38795190>

[Blascovich] J. Blascovich, «Social influence within immersive virtual environments», en *The Social Life of Avatars*, Londres, Schroeder R. Springer, 2002. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-0277-9_8

[Boletsis] C. Boletsis, J. E. Cedergren y S. Kongsvik, «HCI research in Virtual Reality: A discussion of problem-solving», *Proceedings of the 11th International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction*, IADIS Press, 2017, pp. 1-5.

[Bowman] D. A. Bowman, C. J. Rhoton y M. S. Pinho, «Text input techniques for immersive virtual environments: An empirical comparison», *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, SAGE, 2002, pp. 2154-2158.

[Bozgeyikli] E. Bozgeyikli, A. Raij, S. Katkooori y R. Dubey, «Point & Teleport Locomotion Technique for Virtual Reality», *Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, ACM, 2016.

[Casca] Hernán Casciari, *El futuro de la literatura*. Tercer simposio internacional sobre libro electrónico, 2013.

[Dcat] Digital Catapult, «Driving digital innovation through the art of immersive» (online), 2017. <http://www.information-age.com/digital-innovation-art-immersive-123465233/>

[DTS] <http://dts.com/dtsx>

[Fanti] T. DeFanti, *et al.*, «Technologies for virtual reality/tele-immersion applications: issues of research in image display and global networking», en VV. AA., *Frontiers of Human-Centered Computing*, Springer, 2001, pp. 137-159.

[Forbes] <https://www.forbes.com/sites/charlie-fink/2017/10/25/can-vr-save-the-movie-theater-or-the-mall/#10bcc9a2b0c>

[Forklift] https://www.youtube.com/watch?v=Xb_vsVTJuio&feature=youtu.be

[Grand View] <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-virtual-reality-in-gaming-market>

[Grebner] C. Grebner, M. Norrby, J. Enström, I. Nilsson, A. Hogner, J. Henriksson, J. Westin, F. Faramarzi, P. Werner y J. Boström, «3D-Lab: a collaborative web-based platform for molecular modeling», *Future Medicinal Chemistry*, vol. 8, n.º 14, 2016, pp. 1739-1752.

[Heeter] C. Heeter, «Being there: the subjective experience of presence», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1, pp. 262-271.

- [Hilfert] T. Hilfert y M. König, «Low-cost virtual reality environment for engineering and construction», *VIE*, 4, 2016, pp. 1-18.
- [Ijsselsteijn] W. Ijsselsteijn, H. de Ridder, J. Freeman, S. E. Avons y D. Bouwhuis, «Effects of Stereoscopic Presentation, Image Motion, and Screen Size on Subjective and Objective Corroborative Measures of Presence», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10:3, 2001, pp. 298-311.
- [Immerse VR] <https://www.youtube.com/watch?v=aVyaB8XhQ2o>
- [Immersive VR Education] <http://immersivreducation.com/about-us/>.
- [Independent] <http://www.independent.co.uk/arts-entertainment/films/features/vr-cinema-is-here-and-audiences-are-in-the-drivers-seat-a7505236.html>
- [Kapoor] A. Kapoor y S. Sharma, «Implementation of a Virtual Reality Operating System (VROS) for the next generation of computing», *6th Int. Conference Cloud System and Big Data Engineering (Confluence)*, IEEE, 2016, pp. 731-736.
- [Kat] <https://www.kickstarter.com/projects/katvr/kat-walk-a-new-virtual-reality-locomotion-device>
- [Kesselman] M. Kesselman y M. Kesselman, «Current CITE-ings from the popular and trade computing literature: Google Cardboard–virtual reality for everyone», *Library Hi Tech News*, 33, 2016, pp. 15-16.
- [Kim] S.-Y. Kim, A. Koschan, M. A. Abidi e Y.-S. Ho, «High quality visual experience», en M. Mrak, M. Grgic y M. Kunt (eds.), *High-quality visual experience: creation, processing and interactivity of high-resolution and high-dimensional video signals*, Nueva York, Springer, 2010, pp. 348-369.
- [Kitson] A. Kitson, M. Abraham, R. Ekaterina, E. Kruijff y B. E. Riecke, «Comparing Leaning-Based Motion Cueing Interfaces for Virtual Reality Locomotion», *IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, IEEE, 2017.
- [Lee] K. Lee, «Augmented Reality in Education and Training», *Techtrends*, 56(2), 2012, pp. 13-21. <http://dx.doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>
- [M&M] *Holographic market*, 2017. <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/holographic-market-144316799.html> [Online]
- [Makery] <http://www.makery.info/en/2017/04/04/on-a-teste-les-nouvelles-salles-de-vr/>
- [Martínez] Enrique Martínez-Salnova Sánchez, «El cine, otra ventana al mundo», *Comunicar* n.º 18, 2002, pp. 77-83. <https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=18&articulo=18-2002-12>
- [Mingyu] K. Mingyu, J. Changyu y K. A. Jinmo, «Study on immersion and presence of a portable hand haptic system for immersive virtual reality», *Sensors*, 2017.
- [Moreira] P. Moreira, E. C. de Oliveira y R. Tori, «Impact of Immersive Technology Applied in Computer Graphics Learning», *Brazilian Symposium on Computers in Education*, 2016, pp. 410-419.
- [Olszewski] K. Olszewski, J. J. Lim, S. Saito y H. Li, «High-fidelity facial and speech animation for VR HMDs», *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 35, 2016, 221:1-221:14.
- [Ong] S. K. Ong y A. Y. C. Nee, *Virtual and Augmented Reality Applications in Manufacturing*, Londres, Springer, 2004. DOI 10.1007/978-1-4471-3873-0.

[Oulasvirta] A. Oulasvirta y K. Hornbæk, «HCI research as problem-solving», *CHI*, ACM, 2016, pp. 4956-4967.

[Palad] Lenin V. Paladines Paredes. «Literatura inmersiva», *Crónica*, noviembre de 2017. <https://www.cronica.com.ec/opinion/columna/columnista/item/20811-literatura-inmersiva>

[Pick] S. Pick, A. S. Puika y T. W. Kuhlen, «SWIFTER: design and evaluation of a speech-based text input metaphor for immersive virtual environments», *IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, IEEE, 2016, pp. 109-112.

[Porta] M. Porta, «A study on text entry methods based on eye gestures», *Journal of Assistive Technologies*, 9, 2015, pp. 48-67.

[Proc IEEE] *Proceedings of the IEEE*. Número especial «Emerging 3-D Imaging and Display Technologies», 2017. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7906673/?part=1>

[RAE] Real Academia Española de la Lengua a través de <http://www.rae.es/>.

[Ravipati] <https://campustechnology.com/articles/2017/05/16/5-vr-trends-to-watch-in-education.aspx>

[Reinert] B. Reinert, J. Kopf, T. Ritschel, E. Cuervo, D. Chu y H. P. Seidel, «Proxy-guided Image-based Rendering for Mobile Devices. Computer Graphics Forum», *Wiley Online Library*, 2016, pp. 353-362.

[Riva] G. Riva y B. K. Wiederhold, «The new dawn of virtual reality in health care: medical simulation and experiential interface», *Studies in Health Technology and Informatics*, 219, 2015, pp. 3-6.

[Rosen] S. Rosen, W. Bricken, R. Martínez, B. Laurel y A. R. Chairman-Mitchell, «Determinants of immersivity in virtual reality: graphics vs. action», *Proceedings of the 21st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, ACM, 1994, p. 496.

[Sano] Tomoko Sano, *Holography: The next disruptive technology*.

[Schuemie] M. J. Schuemie, P. van der Straaten, M. Krijn y C. A. van der Mast, «Research on presence in virtual reality: a survey», *Cyber-Psychology & Behavior*, 4, pp. 183-201. DOI 10.1089/109493101300117884

[SDATA] *Market Brief – Global Games 2017: The Year to Date*. Superdata Research [Online].

[Smeddinck] Jan Smeddinck, Dmitry Alexandrovsky, Dirk Wenig, Michel Zimmer, Waldemar Wegele, Sylvia Juergens y Rainer Malaka, «Hoverboard: A Leap to the Future of Locomotion in VR!», *Proceedings of the 16th International Conference on Entertainment Computing 2017*, Tsukuba City, Japón, 18-21 de septiembre de 2017.

[Stinson] Elizabeth Stinson, «Watch: 136 Years of Special Effects Evolution in a Three-Minute Video», *Wired* (online), <https://www.wired.com/2014/05/watch-136-years-of-special-effects-evolution-in-a-3-minute-video/>, 2014.

[Telefónica] <https://www.openfuture.org/es/new/conoces-los-tipos-de-realidad-virtual-que-exi>

[Unimersiv] <https://unimersiv.com/>

[V-SENSE] <https://v-sense.scss.tcd.ie/?p=861>

[VRtify] <https://www.vrtify.com/>

[Weinbaum] Stanley G. Weinbaum, «Pygmalion's spectacles», *Wonder Stories*, 1935. Accesible en: http://www.gutenberg.org/ebooks/22893?msg=welcome_stranger

[Wu] H. Wu, S. Lee, H. Chang y J. Liang, «Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education», *Computers & Education*, 62, 2013, pp. 41-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

[Yiyu] Yiyu Cai, Chor Ter Tay y Boon Keong Ngo, *3D Immersive and Interactive Learning*, Singapur, Springer, 2013. DOI 10.1007/978-981-4021-90-6.

[Youngkyun] Youngkyun Baek, Ryan Ko y Tim Marsh (eds.), *Trends and Applications of Serious Gaming and Social Media*, Singapur, Springer, 2014. DOI 10.1007/978-981-4560-26-9.

[Zhang] N. Zhang, Y. Liu, W. Luo, Z. Shen y C. Guo, «Virtual reality based marine engineering English learning environment simulation research», *12th ICCWAMTIP Conference*, IEEE, 2015, pp. 228-232.

Imágenes

- [ElMundo] <http://www.elmundo.es/tecnologia/2016/03/11/56e2fb3a268e3ef-cob8b4670.html>
- [CSU] <http://psychology.colostate.edu/cognitive/Dsim3.shtml>
- [Visbox] <http://www.visbox.com/products/cave/>
- [Inverse] <https://www.inverse.com/article/16407-ar-in-the-workplace>
- [5G-Media] <http://www.5gmedia.eu/>
- [Fortune] <http://fortune.com/virtual-reality-business/>
- [Inception] Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling <http://www.inception-project.eu/>
- [Maya] <https://80.lv/vendors/maya-4/>
- [RTVE] <http://www.rtve.es/alacarta/audios/palabra-de-ingeniero/palabra-ingeniero-holografia-20-09-17/4234769/>
- [Mingyu] <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/5/1141>