

RECURSOS

Realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta: concepto y aplicaciones

OFICINA ACELERA PYME – FUNDACION CIDAUT

OFICINA
Acelera
pyme



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
SEGUNDA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

red.es



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

“Una manera de hacer Europa”



Tabla de contenido

0. INTRODUCCIÓN.....	2
1. REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA	3
ORÍGENES DE LA REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA	3
CONCEPTOS.....	7
DIFERENCIA ENTRE REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA	9
REALIDAD EXTENDIDA.....	10
2. TECNOLOGÍAS Y COMPONENTES DE REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA.....	12
3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA.....	14
VENTAJAS	14
INCONVENIENTES.....	15
4. APLICACIONES	15
5. REFERENCIAS.....	20

0. INTRODUCCIÓN

No es una novedad que las nuevas tecnologías avancen a un ritmo imparable en los negocios. La búsqueda por ofrecer un valor diferencial al cliente es cada vez más necesaria y ante el avance de la digitalización, la forma de conseguirlo cada vez va más ligada a aportar soluciones innovadoras que permitan dotar de características digitales a los productos tradicionales. Todo ello, se ve reflejado en el rediseño de experiencias, productos y servicios. De esta forma, están surgiendo múltiples oportunidades para **ampliar los negocios**, que tanto pequeñas como grandes empresas pueden aprovechar.

Entre estas tecnologías se encuentran nuevas realidades, como la **realidad virtual**, la **realidad aumentada** y la **realidad mixta**. Estas tecnologías han supuesto no solo una revolución del mercado, sino que han potenciado a su vez la economía. Según afirma el estudio de PwC, *Seeing is believing*¹, la realidad virtual y la realidad aumentada supondrán un incremento del PIB global de 1,5 trillones de dólares en 2030. Este dato refuerza la importancia de estas nuevas tecnologías ya que van a favorecer un aumento de la productividad y de la rentabilidad de las empresas fomentando el crecimiento de la economía mundial.



El ser humano siempre está evolucionando la forma de comunicarse entre sí y con su entorno. Gracias a los avances tecnológicos, ahora se pueden 'construir' diferentes realidades, que aportan una percepción enriquecida y particular del entorno y presentan un sinfín de campos de aplicación.

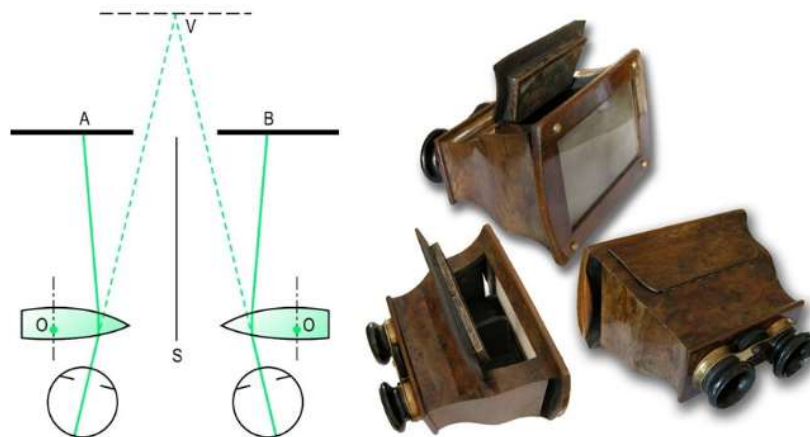
¹ <https://www.pwc.es/es/publicaciones/tecnologia/assets/seeing-is-believing-informe-pwc.pdf>

1. REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA

ORÍGENES DE LA REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA

La **realidad virtual no es** ni mucho menos **un concepto nuevo**. Para hablar de los verdaderos orígenes de la realidad virtual habría que remontarse dos siglos atrás, concretamente al año 1844, cuando Charles Wheatstone creó el estereoscopio, un medio que consiste en obtener dos fotografías prácticamente idénticas, cuya única diferencia radica en el punto de toma de la imagen, lo que provoca que sean observadas por cada ojo de forma independiente, lo que hace que el cerebro las mezcle en una sola creando un objeto tridimensional. Esta técnica sería la base de los primeros visores de realidad virtual, e incluso a día de hoy siguen utilizándose dichos patrones.

Unos años más tarde, en 1849, el escocés Sir David Brewster perfeccionó el estereoscopio de Wheatstone solventando algunos de sus inconvenientes. Los principales problemas que presentaba eran la incomodidad que suponía su gran tamaño y lo dificultoso que resultaba su iluminación, por encontrarse cada una de las fotografías destinadas a cada ojo en posiciones separadas. Brewster resolvió este problema de tamaño utilizando unas lentes que enfocarían los pares estereoscópicos, los cuales se situarían uno al lado del otro y no por separado como en el primer estereoscopio. El estereoscopio de Brewster y su esquema óptico de funcionamiento pueden observarse en la siguiente ilustración.

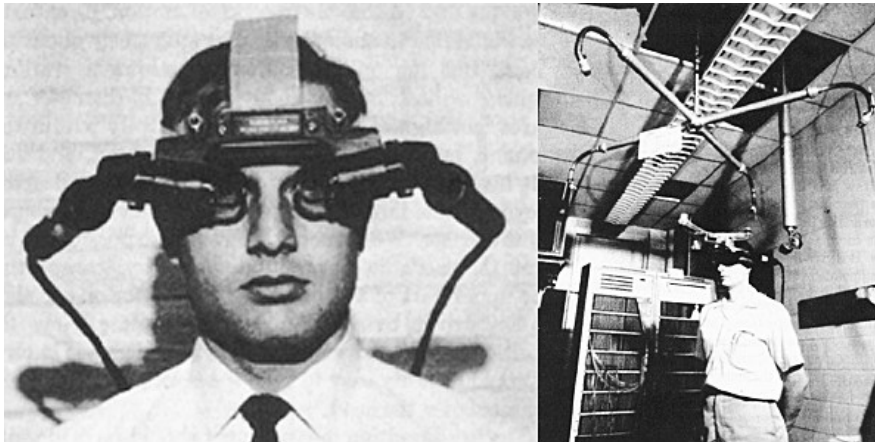


En 1930 se patentó el primer simulador de vuelo mecánico. El Link Trainer, solo simulaba movimientos mecánicos, aunque posteriormente se le incluyeron instrumentos de control y fue utilizado por algunos países durante la Segunda Guerra Mundial e incluso después. Posteriormente, entre 1942 y 1945, el ejército estadounidense utiliza View-Master para entrenamiento durante la Segunda Guerra Mundial, que después de la guerra se transformó en un popular juguete.

En 1961, Phillco Corp. desarrolla el proyecto Headsight, utilizado para entrenamientos militares, que consiste en un casco que incorpora una pantalla y tiene un control de posición de la cabeza.

En 1962 Morton Heilig patenta el Sensorama, un "experience theater" con video 3D, una silla que vibra, ventiladores y olores artificiales.

En 1968, el MIT desarrolla el primer visor de realidad virtual, el Ultimate Display, denominado "La Espada de Damocles" porque era tan pesado que tenía que fijarse al techo.



En 1982, el concepto de la realidad virtual llega al gran público gracias al clásico de ciencia ficción Tron. Su estética ha marcado como se desarrollan aun hoy en día los últimos dispositivos de realidad virtual.

También en 1982, Jaron Lanier desarrolla Data Glove, unos guantes con sensores capaces de reconocer el movimiento y posición de los dedos. Este mismo año la compañía SEGA presenta el primer videojuego en el mercado con imagen estereoscópica, el SubRoc-3D, con unas gafas y una máquina recreativa.

En 1992 se estrena la película El Cortador de Césped (The Lawnmower Man) ayudando aún más a popularizar la realidad virtual. La película dirigida por Brett Leonard tuvo un coste de 10 millones de dólares y recaudó más de 150 millones.

Un año después, SEGA desarrolla unas gafas de realidad virtual que anticipan el formato que terminará triunfando con Oculus y las gafas de hoy en día. El modelo fue expuesto en varias ferias de videojuegos, pero nunca llegó a comercializarse por diversos problemas (desarrollo de juegos exclusivos, problemas de salud...).

En 1995, Nintendo presenta su dispositivo de realidad virtual Boy, pero solo fue comercializado en estados Unidos y Japón con muy poco éxito entre el público. El dispositivo necesitaba ser apoyado en una mesa gracias a base doble que tenía, por lo que era incómodo. Además, los pocos títulos desarrollados y la falta de sensores para reconocer movimientos contribuyeron a su fracaso.

En 1999, la película *The Matrix* anticipa la nueva era de la realidad virtual en un mundo en el que internet y el progreso tecnológico ya son una realidad. Al igual que *Tron* en los 80, *The Matrix* enseña al gran público las posibilidades que la realidad virtual ofrecerá en un futuro.

En el año 2000, el videojuego *Second Life* ofrecía al usuario un mundo virtual en el que cualquier cosa era posible gracias al manejo de avatares. Esta simulación se hizo muy popular en todo el mundo ya que la gente podía interactuar de múltiples formas en ella, lo que abrió el camino a los mundos virtuales que se desarrollarán más adelante.

En 2010, Palmer Luckey desarrolla el primer prototipo de Oculus Rift. Más tarde el gigante Facebook realiza un gran desembolso de 2.000 millones de dólares y compra todo el proyecto y la compañía Oculus.



En 2014 se presenta el primer prototipo de Oculus con carcasa (Crystal Cove Prototype) y el Developers Kit 2, Steam desarrolla su prototipo Valve VR (que será HTC Vive en un futuro), también Sony comienza el Project Morpheus (acabará siendo PlayStation VR). Otras marcas presentan sus prototipos como Sulon, FOVE o OSVR, además Samsung en colaboración con Oculus desarrolla la Samsung Gear Innovator Edition y Google presenta las Google Cardboard que funcionan con smartphones y no con ordenadores como el resto.

El año 2016 es el año de la realidad virtual. Ya con modelos en el mercado como Samsung Gear VR, las grandes marcas sacan al mercado las versiones comerciales de sus dispositivos de realidad virtual: Oculus Rift, HTC VIVE y PlayStation VR.

Hoy en día el uso de la realidad virtual está muy extendido en diferentes campos, entre ellos la industria de los videojuegos, aplicaciones militares, educación, entretenimiento e incluso en medicina.

La realidad aumentada ha ido desarrollándose al mismo tiempo que la realidad virtual. En el año 1990, el investigador de Boeing, Tom Caudell, intentando mejorar los procesos de fabricación de los tableros de configuración de cables, llevó a cabo unas gafas que proyectaban tableros virtuales sobre los tableros reales, ayudando al

usuario a realizar su trabajo de manera más eficiente. Es en esta época cuando la realidad aumentada empieza a diferenciarse de la realidad virtual y surge su primera definición: "la inclusión, en tiempo real, de elementos virtuales dentro del universo físico". Tom Caudell.

A pesar de que T. Caudell fue el primero en definir la realidad aumentada, fue L.B. Rosenberg, en los años 80, quien fabricó el primer sistema basado en esta realidad. Como suele ser habitual en este tipo de aplicaciones, fue en el ámbito militar. Se trataba de un dispositivo que asistía al usuario sobre cómo realizar ciertas tareas, como un guía virtual. Más tarde, en 1994, los investigadores de la Universidad de Columbia Steven Freiner, Blair MacIntyre y Dorée Seligmann inventaron un dispositivo llamado KARMA, capaz de proyectar imágenes en 3D para dar instrucciones al usuario de cómo recargar una impresora.

Durante los siguientes años la realidad aumentada comenzó a coger impulso y se empezaron a desarrollar nuevos sistemas gracias a la mejora de las capacidades computacionales de los ordenadores y tarjetas gráficas. Pero no es hasta 2012, cuando Google lanzó al mercado las Google Glass, unas gafas que añaden información adicional sobre la realidad que se está observando. A partir de entonces, empresas tecnológicas empezaron a desarrollar sus propios productos de realidad aumentada.



Otro logro de esta tecnología fue en el año 2016. Niantic lanza al mercado Pokemon Go, un juego de realidad aumentada para dispositivos móviles, en el que a través de la cámara se mezclan elementos de un entorno real con otros virtuales. El juego tuvo una gran acogida y repercusión en la población reimpulsando de este modo la realidad aumentada como nunca antes se había visto.

Actualmente, se está realizando un gran esfuerzo en el desarrollo de plataformas de realidad aumentada para potenciar la inclusión en distintos ámbitos. Uno de ellos es el de la educación. Un ejemplo de ello es el proyecto Onirix4, una plataforma donde se pueden desarrollar aplicaciones de RA con modelos 3D. Por medio de estas aplicaciones se ayuda a los profesores a explicar conceptos abstractos a los alumnos de manera interactiva a través de un dispositivo móvil.

CONCEPTOS

REALIDAD VIRTUAL

La **realidad virtual** (en adelante RV, o en su acepción anglosajona, *Virtual Reality*, VR) se define como una **tecnología que permite que el usuario se sumerja en escenarios 3D con vídeos 360° creados con un ordenador**. Para poder utilizarla, es necesario disponer de un HMD (Head Mounted Display) o un dispositivo que permita que la persona pueda observar el entorno creado. Esta tecnología, desde su inicio ha estado muy ligada al entretenimiento y a los videojuegos, aunque su versatilidad ha hecho que se introduzca en otros sectores.

La **RV necesita de soportes tecnológicos** que puedan aislar al usuario completamente del mundo real, creando una sensación total de inmersión. Permite simular una experiencia sensorial completa dentro de un ambiente artificial. Estos dispositivos interactivos, habitualmente son los denominados, gafas o cascos de realidad virtual, si bien pueden existir otros como auriculares, guantes o trajes especiales, que permiten la percepción de diferentes estímulos sensoriales (vista, oído y, en menor medida, tacto; aún sin apenas desarrollar olfato y gusto).

Aunque no hay una definición universal de RV, puede decirse que es una simulación de la realidad mediante elementos multimedia que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en ella, pudiendo esta simulación replicar un mundo real o imaginario.

Más genéricamente, **la RV puede ser de dos tipos: inmersiva y no inmersiva**. La no inmersiva emplea también un ordenador, pero sin existir la necesidad de dispositivos interactivos adicionales. De mucho menor coste que la variante inmersiva, este enfoque es similar a una navegación en entornos 3D usando un ordenador, manipulando el entorno únicamente con teclado y ratón o periféricos no inmersivos. El estándar VRML permite la creación de mundos virtuales no inmersivos mediante modelado tridimensional, asignado comportamiento y animaciones a objetos en el entorno.

La RV no inmersiva permite la interacción con un mundo virtual pero sin sentirse dentro del mismo. Asimismo, se habla también de RV pasiva, en la que se produce una visualización del mundo virtual sin interactuar con él, y RV interactiva, en la que existe un control sobre los elementos virtuales.

La RV puede implementarse según diferentes métodos:

- Empleo de simuladores.
- Uso de avatares (personajes en el ámbito digital).
- Proyección de imágenes reales (diseño de gráficos por ordenador).
- Modelado 3D por ordenador.
- Inmersión en entornos virtuales (interfaces cerebro-máquina).

La RV no modifica la realidad, sino que crea una realidad completamente nueva. A través de la programación informática, se generan mundos y entornos virtuales (simulaciones) que suponen una representación alternativa de la realidad, y con la

que se puede interactuar. La RV es posible gracias a la aplicación de técnicas estereoscópicas, que permiten el efecto de tridimensionalidad integrando las imágenes obtenidas por cada ojo por separado.

REALIDAD AUMENTADA

La **realidad aumentada** (en adelante RA, o en su acepción anglosajona, *Augmented Reality*, AR) implica el uso de información en tiempo real en forma de texto, audio u otros formatos virtuales, que permiten visualizar parte del mundo real a través de un móvil o un dispositivo en la cabeza. **Complementa** por tanto **la percepción del mundo real con capas de información digital** (imágenes fijas, sonidos, vídeos, datos, modelos 3D, etc.), **que se superponen a la realidad** (a la percepción del mundo físico) **en tiempo real**.

La diferencia principal entre la realidad aumentada y la realidad virtual es que la primera potencia la interacción del usuario con el entorno mientras que la segunda busca evadirlo del mismo.

La RV construye un mundo nuevo, completamente virtual, mientras que en la RA, el mundo real se convierte en el soporte, pudiéndose ver elementos no presentes en el mundo real, e interactuar con los mismos.

La RA implica la combinación de mundos real y virtual, interacción en tiempo real, y modelado de objetos 3D en entornos reales. La RA altera (complementa) la realidad, y la RV la reemplaza.

Para poder proyectar imágenes en RA es necesario que existan marcadores, también denominados disparadores o activadores, que son imágenes que contienen códigos o símbolos que permiten a los dispositivos móviles interpretar dichas señales, para proyectar una imagen virtual sobre un objeto o superficie.

REALIDAD MIXTA

La **realidad mixta** (en adelante RM, o en su acepción anglosajona, *Mixed Reality*, MR), es la **combinación de las dos realidades** anteriores. Combina objetos y personas tanto reales como virtuales, creando experiencias de usuario únicas, debido a sus características interactivas e inmersivas.²²

En la RM se produce una **fusión del mundo físico con el mundo digital**. Se crean y modifican objetos virtuales interactuando con el mundo real, empleándose cascos o gafas, pero que al contrario que en el caso de RV, no aíslan del mundo real, sino que permiten percibir simultáneamente ambos entornos. Se incorporan objetos virtuales en un mundo real, y objetos reales en un mundo virtual.

En la RM, la inserción de elementos reales en un entorno virtual se consigue registrando en tiempo real el objeto o persona física real, a través de un interfaz

computerizado. Por su parte, la inserción de elementos virtuales en un entorno real se realiza mediante marcadores, de forma similar a la RA.

La RM se concibe además con el objetivo de hacer indistinguibles las fronteras entre el usuario, su entorno, y la información que intercambian. Se perciben elementos virtuales completamente contextualizados en el entorno real, gracias a una apariencia y comportamiento análogos al de cualquier elemento físico.

La realidad mixta no solo permite la interacción del usuario con el entorno virtual, sino también que objetos físicos del mundo real sirvan como elementos de interacción con el entorno virtual.

DIFERENCIA ENTRE REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA

Tanto en la realidad virtual como en la realidad aumentada se utilizan dispositivos similares, lo cual puede llegar a complicar la diferenciación entre ellas. Sin embargo, sus utilidades y funcionamiento son diferentes. La **realidad virtual es completamente inmersiva**, es decir, el usuario interactúa con un mundo completamente virtual, mientras que en la **realidad aumentada se aplican elementos virtuales sobre un mundo físico real**.

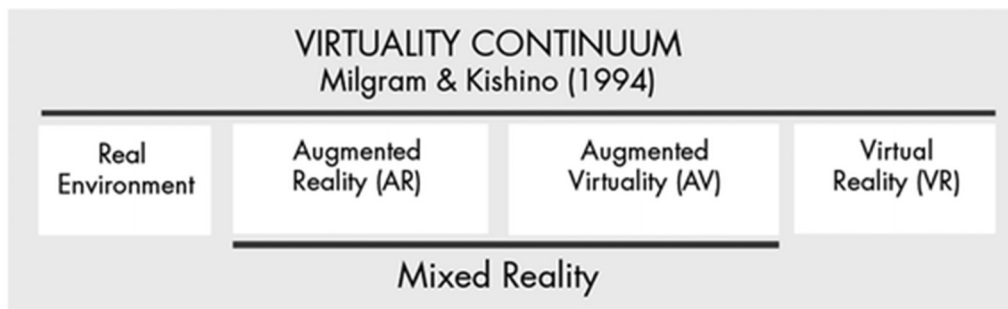
En cuanto a la recepción de información percibida por el usuario en la realidad virtual nos encontramos con una distorsión de los sentidos mayor que en la realidad aumentada, debido a que nos sumergimos en un entorno totalmente virtual lo cual puede producir una sensación mayor de mareos. Además de esto, los dispositivos necesarios para estas realidades son distintos según el tipo de realidad que experimentemos, en los dispositivos de realidad aumentada los usuarios no necesitan colocarse ningún dispositivo en la cabeza, basta con una pantalla que proyecte dicha información. No es así en la realidad virtual, que necesita de un dispositivo en la cabeza para transmitir esta sensación de inmersión hacia un mundo virtual.

Otra diferencia entre ambas tecnologías es su nivel de requisitos hardware a nivel computacional. En este aspecto, la realidad virtual tiene unos requisitos más altos, ya que debe procesar muchos más datos en tiempo real que la realidad aumentada.

REALIDAD VIRTUAL	REALIDAD AUMENTADA	REALIDAD MIXTA
Inmersión completa: escenario, objetos, gráficos virtuales.	Inmersión mixta: Añade elementos virtuales sobre un entorno físico real.	Inmersión mixta: combina elementos reales y virtuales.
<i>Necesita de un headset en la cabeza del usuario.</i>	Uso de pantallas o headsets.	Necesita de un headset en la cabeza del usuario.
<i>Requerimientos hardware altos.</i>	Requerimientos hardware medios.	Requerimientos hardware altos.

En 1994, Paul Milgram y Fumio Kishino definieron el 'Continuo de virtualidad' (Virtuality continuum), también llamado 'Continuo de virtualidad-realidad' o 'Continuo de realidad', como una escala continua que abarca desde el mundo completamente real hasta el mundo completamente virtual, incluyendo todas las posibles variaciones y composiciones de entornos y objetos reales y virtuales.

Definen asimismo los conceptos de 'Realidad Aumentada' como una realidad enriquecida con elementos virtuales y de 'Virtualidad Aumentada' como un mundo virtual enriquecido con elementos reales. Igualmente, definen la 'Realidad Mixta' como "cualquier espacio entre los extremos del continuo de la virtualidad".



REALIDAD EXTENDIDA

El concepto de Realidad extendida (RE, o en su terminología anglosajona, eXtended Reality, también Cross Reality, XR): hace referencia a un elemento paraguas, que agrupa la combinación de todos los entornos reales y virtuales, dispositivos empleados, interacciones hombre-máquina, interfaces, aplicaciones e infraestructuras. Incluye RA, VA y RV, así como las áreas superpuestas entre ellas. Es un superconjunto de todo lo que abarca el continuo de virtualidad-realidad.



Asimismo, en ocasiones se usa el término X-Reality para referirse a cualquiera de las variantes definidas de realidad, actuando en este caso la X como incógnita para designar cualquiera de las opciones: realidad virtual, realidad aumentada o realidad mixta.



Tres conceptos directamente relacionados con las diferentes variantes de realidad son presencia, inmersión e hiperrealidad.

La primera hace referencia al hecho o condición de estar presente. En entornos virtuales, el concepto de presencia hace referencia al hecho de sentirse estar un lugar o entorno, incluso cuando uno se encuentre físicamente en otro. Es la denominada 'metáfora del transporte' (se percibe estar en un lugar distinto).

La presencia es por tanto una ilusión perceptual de no mediación. Este concepto tiene asimismo un fuerte componente psicológico, el sentido de presencia, que puede derivar en una evasión de la realidad, cuando se pierde la consciencia de cuál es el mundo real y cuál no.

Por su parte, el concepto de inmersión es mucho más concreto. Procedente del entorno cinematográfico, este concepto hace referencia a la capacidad (cuantificable) de un sistema para mostrar un entorno generado artificialmente de manera que se aproxime lo máximo posible a la experiencia real. Una inmersión completa conlleva interacción con el entorno en tiempo real, visión estereoscópica, alta resolución, alta velocidad de trama, y múltiples entradas sensoriales.

Así pues, la inmersión puede definirse como la introducción por completo en otro mundo, de manera que el usuario se 'olvida' de que está en un mundo artificial e interactúa plenamente con el entorno virtual.

La hiperrealidad, por su parte, se define como la incapacidad de la consciencia de distinguir la realidad de una simulación, especialmente en las culturas postmodernas tecnológicamente avanzadas. Es por tanto una interpretación descompensada de la realidad, creada por cada uno, que se admite como verosímil y llega a sustituir la realidad en la que se basa.

Otros dos conceptos que pueden llevar a conclusión en la terminología utilizada son la realidad simulada, y la realidad alternativa. La primera hace referencia a la

hipótesis de que la realidad puede llegar a ser simulada hasta un grado tal que resulte indistinguible de la 'realidad verdadera', del mundo real, de manera que la realidad y su simulación sean muy similares. Por su parte, la realidad alternativa es un concepto sinónimo al de universo paralelo.

Los diferentes conceptos asociados con la construcción y percepción de la realidad han trascendido al ámbito puramente tecnológico, convirtiéndose ya en una disciplina dentro de la antropología, tal que cambia el comportamiento de la sociedad. En la sociedad actual, y más aún en los próximos años, la distinción entre lo virtual y lo real es cada vez más difusa.

2. TECNOLOGÍAS Y COMPONENTES DE REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA

En general, todas las tecnologías que permiten al usuario interactuar con el entorno disponen de un conjunto de elementos comunes:

- Procesador. Hardware que realiza el procesamiento.
- Aplicación. Software que gestiona todo el proceso.
- Display. Elemento que muestra al usuario el escenario con el que interactúa.
- Sensores. Elementos que obtienen información al sistema.
- Actuadores. Elementos que envían comandos al sistema (periféricos).

Adicionalmente, son necesarios los siguientes elementos con carácter más específico:

- En RA y RM es necesaria una cámara, que obtenga las imágenes del mundo real (no en RV).
- Es necesaria la conexión a Internet para múltiples casuísticas, en particular para obtener información digital pregrabada (por ejemplo la información digital superpuesta a obtener de un servidor remoto una vez identificado el punto de interés).
- Activadores y marcadores. Elementos que indican al software en RA cuándo y dónde debe superponer una información.

En RV la experiencia es totalmente inmersiva, por lo que el display empleado debe aislar completamente del mundo real. Por ello, son cascos (HMD) cerrados, sin visualización del exterior, y con un display que muestre única e íntegramente el escenario virtual. Estos dispositivos HMD pueden ser:

- Cascos de RV que dependen de la CPU de un ordenador externo (y conectado mediante cable).
- Carcasas para teléfono móvil. En este caso usan la CPU del teléfono y su pantalla.
- Periféricos de consolas de videojuegos. La CPU es la de la consola.

El procesador debe ser de potencia elevada, ya que el computador recibe datos de los sensores, procesa la información y genera la salida para el usuario, todo ello en tiempo real. Se puede disminuir la potencia necesaria descargando datos externos para minorar la potencia necesaria de cálculo, pero ello implica a su vez un aumento de ancho de banda y un control de baja latencia.

La información mostrada en el display, y las experiencias sensoriales recibidas, varían en función de las señales intercambiadas por los sensores y actuadores con el sistema. En RV es particularmente importante el seguimiento del movimiento y posición de la cabeza. Éste se detecta gracias a acelerómetros, giroscopios y magnetómetros incorporados en los cascos. Cada fabricante incorpora una técnica propia para determinar la posición de la cabeza.

El rastreo de movimiento se extiende a reconocer otro tipo de movimientos, como las manos, también con diferentes tecnologías según el fabricante, e incluso el movimiento ocular. El área de rastreo se define como la superficie dentro de la cual los movimientos son registrados por los sensores de posición y seguimiento.

Otros sensores muy empleados en las técnicas de posicionamiento y rastreo son el GPS, las brújulas de estado sólido, y las etiquetas RFID. Igualmente, pueden emplearse también sensores de posición colocados en la habitación, tal que permiten determinar la ubicación del HMD y otros periféricos, evitando por ejemplo que el usuario se choque contra muros reales.

Todas las técnicas de rastreo, seguimiento de movimientos, y recopilación de información de sensores, están orientadas a proporcionar una mayor sensación de realismo en la experiencia multisensorial.

Los dispositivos de tipo HMD pueden ser por tanto sin pantalla incorporada, o con ella. El campo de visión para cada ojo de entre habitualmente está entre 110° y 120°. Se requiere un mínimo de 60 tramas por segundo, y latencia inferior a 20 ms para una calidad suficiente.

En RM también se necesita un dispositivo dedicado y cerrado HMD (con procesador interno o externo), si bien en este caso debe disponer de una cámara externa, que capte la imagen del mundo real.

En RA, los dispositivos móviles como teléfonos o tabletas disponen de todo lo necesario para ser empleados para ello: procesador, sensores, software y pantalla adecuados.

Los controladores/actuadores permiten al usuario interactuar con el entorno virtualizado. Suelen ser mandos con botones para usar con las manos, y que disponen de seguimiento posicional, aunque también existen guantes y trajes.

Los dispositivos de entrada pueden también clasificarse según la función: reconocimiento de voz, reconocimiento gestual, sensores, controladores, etc.

En RA existen diversos tipos y diversas clasificaciones de display, aunque todas ellas incluyen la visualización del mundo real. Según su ubicación respecto del usuario, se clasifican como:

- HMD. Con 6 grados de libertad, y seguimiento del movimiento de cabeza.
- HUD. Display transparente que presenta datos sin que el usuario tenga que apartar la vista.
- Lentillas biónicas. Con procesador y comunicación inalámbrica.
- Dispositivos de mano. Pequeñas pantallas/activadores en la palma de la mano.
- Dispositivos de retina (VRD, Virtual Retinal Display), proyección directa en la retina del ojo.
- Dispositivos espaciales (SAR, Spatial AR), proyección de imágenes en objetos físicos.

3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA

Las tecnologías de RV, RA y RM presentan unas claras ventajas que les permiten resultar tremendamente útiles en múltiples ámbitos de la sociedad y de la empresa, aunque también presentan una serie de inconvenientes aún pendientes de resolver. Se presentan a continuación los pros y contras principales de todas ellas.

VENTAJAS

- Aprendizaje multisensorial (vista, oído, tacto), mejora cognitiva.
- Aumento de productividad.
- Combinación efectiva de los mundos físico y virtual, contenidos y animaciones 3D de alta calidad en el espacio real.
- Detección temprana de anomalías en los procesos de diseño, prototipado y fabricación.
- Eliminación de límites geográficos y temporales.
- Enriquecimiento de la actividad y del contenido.
- Facilidad de uso.
- Fomento de interacción, comunicación, colaboración, cooperación, negociación y toma de decisiones en entornos geográficamente distribuidos.
- Inmediatez de la información obtenida.
- Interfaces de uso multimodales, con distintas posibilidades de interacción.
- Integración con múltiples tecnologías asentadas y novedosas, como la robótica o la inteligencia artificial.
- Mejora de habilidad y razonamiento espacial.
- Motivación, compromiso, mejora de actitud, satisfacción, autoconfianza.
- Polivalencia de contenidos, entornos y usuarios.
- Potenciación de la accesibilidad y la inclusión social.

- Reducción de costes de laboratorio, pruebas y evaluaciones.
- Reducción o eliminación de riesgos laborales, sin daños propios ni a terceros.
- Sensibilidad y adaptabilidad al entorno, la ubicación y el movimiento del usuario.
- Universalidad de la tecnología.

INCONVENIENTES

- Aparición de cuestiones legales relacionadas con la privacidad del individuo o contenido multimedia con copyright.
- Aparición de náuseas, mareos y fatiga en usuarios, por desajuste entre el sistema vestibular (líquidos y fluidos en cavidades interiores del oído) y sistema visual. Afectación al sentido del equilibrio.
- Aparición de problemas técnicos asociados a los dispositivos empleados.
- Brecha digital por falta de acceso a las tecnologías involucradas.
- Contenidos aún pendientes de evolucionar.
- Dependencia de hardware externo específico y costoso.
- Dispositivos necesarios no aptos para usuarios con determinadas patologías.
- Experiencia individual (visores, sensores).
- Falta de estudios sobre efectos a medio y largo plazo de usos continuados de estas tecnologías.
- Formación, habilidad y tiempo necesarios para aprovechar la tecnología.
- Generación de dependencias y distracciones. Evasión de la realidad.
- Implicaciones éticas del uso de la tecnología (neutralidad y valor de la misma). Tecnoética.
- Necesidad de espacio para el movimiento y los sensores.
- Posibles problemas de ergonomía y comodidad en el uso de los dispositivos.
- Potenciales errores de GPS en información geolocalizada y posicionamiento.
- Potenciales errores en sensores y activadores.
- Potenciales problemas de duplicación de imágenes (combinación de dos fenómenos: estroboscopia, percepción de múltiples copias de una imagen al mismo tiempo y emborronamiento de imágenes, desenfoque del movimiento).
- Potenciales problemas de latencia (retrasos entre la acción realizada por el usuario y su representación en la pantalla).
- Potenciales problemas de persistencia (tiempo en que están los píxeles encendidos en cada trama).
- Reducido campo de visión.
- Tecnología aún nueva y experimental en determinados sectores.
- Tecnologías costosas de implantar en las empresas, dispositivos caros para el usuario final.

4. APLICACIONES

Si bien los casos más conocidos para el gran público son los videojuegos y el entretenimiento en general, existe actualmente un conjunto mucho mayor de usos y aplicaciones para RV, la RA y la RM, experimentando además un continuo crecimiento.

Siendo RV la precursora, y encontrándose RM aún en fase de maduración, es RA la que está experimentando actualmente un mayor auge, debido principalmente a las posibilidades que ofrecen los dispositivos móviles (tabletas, teléfonos), proporcionando información digital complementaria a la imagen real obtenida mediante las cámaras de dichos dispositivos.

Sin ánimo de ser exhaustivo, a continuación se presentan las aplicaciones y usos principales para cada una de las tres tecnologías mencionadas. Para la **realidad virtual** destacan las siguientes:

- **Ocio y entretenimiento.** La realidad virtual es un complemento ideal para la industria del videojuego, ofreciendo experiencias de juego totalmente inmersivas.
- **Educación.** Para aprender algo no hay nada como experimentarlo y la realidad virtual es lo más parecido que puede haber en estos momentos a vivir ciertas experiencias. Las posibilidades de la realidad virtual con fines educativos son muchas, aunque aún queda la adaptación de los dispositivos y, sobre todo, la generación de contenido específico para este ámbito.
- **Formación o entrenamiento.** El uso de la realidad virtual permite entrenar a los profesionales militares en un entorno virtual donde pueden mejorar sus habilidades sin la consecuencia de entrenar en un campo de batalla. Además, juega un papel importante en el entrenamiento de combate, permitiendo a los reclutas entrenar bajo un ambiente controlado donde responden a diferentes tipos de situaciones de combate.
- **Medicina.** El campo de la medicina utiliza la realidad virtual de muchas maneras. La aplicación más común de esta tecnología es la combinación de imágenes proporcionadas por otros escáneres y unirlos para presentar los detalles, utilizando la tecnología de imágenes médicas. Esto ayuda a los doctores a diagnosticar problemas sin necesidad de intervención quirúrgica.
- **Salud.** La formación de profesionales sanitarios, la rehabilitación de pacientes y el tratamiento de trastornos psicológicos, son algunos de los principales usos de la realidad virtual aplicada a la salud.
- **Psicología.** La Realidad Virtual ofrece una nueva forma de hacer terapia que conlleva importantes ventajas para el contexto terapéutico. Se trata de una nueva tecnología a medio camino entre la consulta del profesional y el mundo real. La experiencia virtual es capaz de generar en la persona las mismas reacciones y emociones, que las que experimenta en una situación similar en el mundo real.
- **Marketing.** La Realidad Virtual ha supuesto un antes y un después en el mundo de la comunicación y la publicidad a la vez que resulta ser de un gran atractivo debido a la novedad de la misma. Hoy en día esta tecnología es utilizada por pymes, por grandes empresas y por instituciones en diferentes foros de comunicación. La Realidad Virtual echa abajo las distancias entre contenido y objetivo, lo que hace que la herramienta perfecta para el Marketing.
- **Arquitectura.** Durante muchos años, se ha utilizado la realidad virtual para establecer modelos de proyectos arquitectónicos y edificios antes de que comience su construcción. También se la puede emplear para reconstruir

edificios u objetos que hayan colapsado o que se hayan dañado a fin de determinar cómo ocurrió y los pasos necesarios para evitar dicha situación en el futuro.

- **Meditación.** Una actividad que está de moda por sus extraordinarios beneficios para calmar la ansiedad que aqueja a las sociedades modernas es la meditación. De hecho, hemos visto en años recientes una oleada de wearables enfocados a combatir el estrés, que, si bien no se han popularizado aun, sí están en fases avanzadas de desarrollo.
- **Terapia de exposición.** Un método potencialmente prometedor para el tratamiento de algunas fobias es la realidad virtual.
- **Manejo del dolor.** Esta aplicación podría ser del interés de muchas personas especialmente sensibles al dolor. Básicamente se trata de una terapia de distracción, en donde las gafas de realidad virtual ayudan a los pacientes a concentrarse en lo que está ocurriendo en la experiencia de realidad virtual, lo que mantiene a sus mentes alejadas del dolor físico provocado por algunos tratamientos médicos.

- **Entrenamiento quirúrgico.** La realidad virtual es un método alternativo para poner en práctica los conocimientos de los futuros cirujanos, sin poder en riesgo a ningún paciente.

La **realidad aumentada** es una tecnología con un futuro prometedor. La capacidad de enriquecer elementos de la realidad con información detallada tiene grandes posibilidades en ámbitos muy variados. En los últimos años, la fuerte evolución tecnológica en hardware ha abierto nuevos caminos y posibilidades, pasando la realidad aumentada del entorno exclusivo de la investigación a casos reales de uso, llegando a un público más general.

Los campos de aplicación son numerosos, a continuación se detallan los más representativos en la actualidad:

- **Marketing.** La realidad aumentada mediante algoritmos de visión artificial es una tecnología muy económica, pues únicamente requiere de una cámara convencional, marcadores impresos y un equipo de procesado (PC, móvil, tablet, etc), además tiene un gran impacto visual, por lo que en alto porcentaje la mayoría de aplicaciones que existen hoy se mueven en el campo comercial. Algunos ejemplos son las campañas publicitarias en grandes espacios, presentación de productos en ferias o catálogos interactivos que muestran modelos de los objetos 3D.
- **Entretenimiento.** En un mercado que supera los 30.000 millones de dólares sólo en los Estados Unidos, resulta una apuesta interesante para las compañías innovar con productos que sorprendan a los usuarios. Ya existen algunos ejemplos de juegos que, mediante el uso de una cámara, consiguen proporcionar al jugador una experiencia mucho más enriquecedora. Sin embargo, el futuro del entretenimiento pasa por el uso de elementos hardware

más inmersivos, que por el momento no resultan rentables debido a su alto coste. Además, la realidad aumentada también tiene cabida en otros ámbitos del entretenimiento como conciertos o teatro ya que resuelven de forma muy precisa el control de efectos especiales o elementos interactivos del decorado.

- **Medicina.** Los sistemas de realidad aumentada pueden facilitar el trabajo en campos como la cirugía. A través de resonancias magnéticas es posible tomar datos del interior del paciente de manera no invasiva y realizar una reconstrucción que puede ser superpuesta sobre el cuerpo físico en tiempo real. De esta manera, se pueden conseguir operaciones más eficientes y con mayores garantías de seguridad para los pacientes. Además, la realidad aumentada puede ayudar a enriquecer la información que proporcionan elementos como radiografías u otras herramientas de diagnóstico. El campo de la medicina es, potencialmente, uno de los ámbitos donde la realidad aumentada puede suponer una mayor revolución, sin embargo, debido a los riesgos que comporta, de momento es uno de los menos explotados. En este aspecto, es necesario conseguir algoritmos que determinen con un alto grado de precisión la posición de los objetos virtuales para que la fusión con el cuerpo del paciente sea perfecta. Para conseguirlo es necesario adaptarse a las variaciones físicas del cuerpo y aplicar estas transformaciones a los modelos 3D.
- **Educación.** Actualmente los niños llegan a las aulas sobreestimulados por el entorno a través de los videojuegos y la televisión, de manera que los medios tradicionales, libros de texto y pizarra, no consiguen llamar su interés. La realidad aumentada puede utilizarse para complementar los materiales didácticos con modelos virtuales que estimulen la percepción y ayuden a la comprensión de los conceptos.
- **Decoración.** Esta es una de las aplicaciones más recientes de realidad aumentada. Gracias a la inclusión de elementos virtuales en entornos reales es posible reproducir una escena decorada virtualmente sobre una habitación real. De esta manera, es posible comprobar que efecto producen diferentes productos en un entorno al que sería costoso situar el producto real (por ejemplo un sofá o una estantería). Además ayuda a realizar una composición espacial debido a que las representaciones de los objetos tienen un tamaño exacto al real. Este es, sin duda, uno de los campos de futuro. Los nuevos dispositivos tablet, que empiezan a popularizarse en el mercado tienen las características perfectas para este tipo de usos de realidad aumentada: pues son muy manejables, incorporan una cámara y una gran pantalla en comparación a los terminales móviles.
- **Arquitectura.** La realidad aumentada puede entenderse como un nuevo formato para hacer más atractivos contenidos que ya existen en la realidad. Recurriendo al ejemplo de las maquetas que se exponen en la presentación de proyectos, la realidad aumentada puede utilizarse para crear reproducciones exactas, enriquecidas con animaciones y una mayor interacción del usuario. Es posible recrear miniaturas a partir de composiciones 3D de planos y proyectos.
- **Mantenimiento industrial.** Otra aplicación interesante es la creación de manuales virtuales, es decir, aplicaciones de seguimiento que van dando

instrucciones en tiempo real a los operarios, de forma que facilitan su labor, ordenando la información y ofreciéndoles ejemplos claros de cada una de las instrucciones a seguir.

- **Turismo.** Uno de los campos en los que la realidad aumentada está alcanzando un auge mayor es el turismo, debido a las grandes posibilidades que ofrece. Esta aplicación se materializa en forma de guías virtuales, que permiten al usuario obtener una información más detallada con respecto a museos, monumentos, puntos clave, etc. Algunos ejemplos pueden ser: la reconstrucción virtual de una ciudad, devolviendo sus monumentos a su estado medieval, paneles informativos que salgan de los mismos objetos y combinen contenido multimedia (video, imágenes y sonido) con los objetos tangibles, juegos de realidad aumentada que dan a conocer un hecho histórico... existen muchas opciones para poder promocionar el patrimonio cultural de una ciudad.

Otros campos de aplicación donde la RA es protagonista, son los siguientes: **militar** (visualización 360°, marcación de puntos peligrosos, información georreferenciada), **teletrabajo** (entornos de colaboración RA), **gastronomía** (cartas de restaurantes en 3D, recetas interactivas), **astronomía** (detección de constelaciones y objetos cósmicos, seguimiento de movimientos, información contextual), **arqueología** (modelado 3D, reconstrucción histórica), **arte** (experiencias 3D en museos, información contextual, recreación en hogares de obras de arte, producción, visualización y aprendizaje musical, literatura en AR, efectos cinematográficos), **navegación** (información de tráfico y ruta en HUD del vehículo, cálculo de rutas en RA a pie, en coche o en transporte público), **televisión** (información complementaria en directo y sobre la imagen real: deportes, meteorología, recuentos electorales, concursos, divulgación científica, etc.), **traducción** (traducción inmediata a cualquier idioma con la cámara).

Por su parte, en **realidad mixta**, que trata de aunar los beneficios de la RV y RA, las aplicaciones principales actualmente son:

- **Ocio y entretenimiento:** Identidades (avatares) virtuales y físicas, interacción, hologramas, videojuegos, exploración 3D.
- **Educación y formación:** Interacción simultánea con mundos virtual y real, simulación en 3D, hologramas, formación profesional.
- **Negocios:** Entorno colaborativo en remoto, asistencia remota, autonomía, así como comunicación a distancia y publicidad contextual.
- **Industria:** Diseño, prototipado y modelado 3D, así como reducción de costes y control de calidad.
- **Militar:** Optimización del rendimiento (toma de decisiones, habilidad de detección, análisis de la información, trabajo en equipo).
- **Medicina:** Simulaciones quirúrgicas, información digital complementaria en tiempo real.

5. REFERENCIAS

- REALIDAD VIRTUAL. CÓMO APROVECHAR SU POTENCIAL PARA LAS EMPRESAS Y LAS PERSONAS. Jeremy Bailenson (2019).
- REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA. DESARROLLO DE APLICACIONES. F. Navarro Pulido, A. Martínez, J. M. Martínez (2018).
- AUMENTA TU EMPRESA CON LA REALIDAD AUMENTADA Y LA REALIDAD VIRTUAL: COMO SACAR EL MAXIMO PROVECHO EN EL MUNDO PROFESIONAL. Roger Pastor (2019).
- REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA. Javier Luque Ordoñez. (2020)
- BEYOND REALITY: AUGMENTED, VIRTUAL, AND MIXED REALITY IN THE LIBRARY. Kenneth J. Varnum (2019).
- LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EMERGENTES ENTRAN EN LA UNIVERSIDAD: RA Y RV. J. Cabero, B. Fernández (2018)
- UNDERSTANDING VIRTUAL REALITY. INTERFACE, APPLICATION, AND DESIGN. William Sherman, Alan Craig (2018).
- AUGMENTED REALITY FOR BEGINNERS! PRINCIPLES & PRACTICES FOR AUGMENTED REALITY & VIRTUAL COMPUTERS. Roger Froze (2016).
- TECNOLOGIA DIGITAL Y REALIDAD VIRTUAL. Ramón Luque, Juan José Domínguez. (2011)
- AUGMENTED REALITY: PRINCIPLES AND PRACTICE. Schmalstieg Dieter, Hollerer Tobias (2016)
- VIRTUAL REALITY INSIDER: GUIDEBOOK FOR THE VR INDUSTRY. Sky Nite (2014)
- LEARNING VIRTUAL REALITY: DEVELOPING IMMERSIVE EXPERIENCES AND APPLICATIONS FOR DESKTOP, WEB, AND MOBILE. Tony Parisi (2015).
- AUGMENTED REALITY: AN EMERGING TECHNOLOGIES GUIDE TO AR. Greg Kipper, Joseph Rampolla (2012)
- DEVELOPING VIRTUAL REALITY APPLICATIONS. Alan B. Craig, William R. Sherman, Jeffrey D. Will (2009)
- REALIDAD AUMENTADA EN LA EDUCACIÓN; UNA TECNOLOGÍA EMERGENTE. X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche y J.C. Olabe. (2007).
- A TAXONOMY OF MIXED REALITY VISUAL DISPLAYS. Paul Milgram and Fumio Kishino. (1994).