

Informe

REALIDAD VIRTUAL EN SALUD

Estado actual de la RV en salud



TIC | Salut
Social



Generalitat
de Catalunya

Índice

Agradecimientos	4
1. PRESENTACIÓN	7
2. EVOLUCIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL	8
3. DEFINICIÓN DE RV/RA/RM	12
3.1 ¿Qué entendemos por RV?	12
3.2 ¿Qué entendemos RA y RM?	14
4. APLICACIONES DE LA RV/RA/RM	18
4.1 Aplicaciones de la RV por sectores	18
4.2 Aplicaciones en salud	28
5. DISPOSITIVOS DE RV/RA/RM	30
6. VISIÓN GENERAL A ESCALA MUNDIAL DE LA RV/RA/RM	34
6.1 Principales regiones en el mundo	34
6.2 Empresas destacadas en salud	46
6.3 Proyectos catalanes identificados en el observatorio de la FTSS	50
7. ASPECTOS CLAVE PARA INICIAR UN PROYECTO EN RV/RA/RM EN SALUD	52
7.1 Detección de necesidades y mejora de procesos	52
7.2 ¿A quién va dirigido?	56
7.3 Qué tipos de dispositivos se necesitan	58
7.4 Recursos humanos, técnicos y presupuesto	60
7.5 Seguridad y mantenimiento	66
7.6 Aspectos éticos y legales	68
8. CONCLUSIONES	76
Bibliografía	78
Figuras	82

Agradecimientos

Queremos agradecer la colaboración de todos los profesionales que han contribuido de alguna forma en la elaboración de este informe. Especialmente, queremos mencionar los profesionales asistenciales de investigación e innovación del SISCAT, del ecosistema de empresas y start-ups biotecnológicas catalanas y de la Fundación i2Cat por su experiencia tecnológica en el ámbito de la RV, así como la aportación de la empresa Huawei en una visión de aplicación tecnológica futura.

PRESENTACIÓN

La Fundació TIC Salut Social es un organismo del Departament de Salut que trabaja para impulsar el desarrollo y la utilización de las TIC y el trabajo en red en el ámbito de la salud. Además, se convierte en un observatorio de nuevas tendencias, innovación y seguimiento de iniciativas emergentes y ofrece servicios de normalización y homologación de productos. La implantación de las TIC en salud es imparable y se visualiza como uno de los elementos más transformadores de la salud del futuro.

En este marco, no pasa desapercibido que el mercado de la realidad virtual (RV), así como el de la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM), se ha visto incrementado de forma significativa en los últimos años. En este sentido, el pasado 4 de septiembre, desde la Fundació TIC Salut Social, impulsamos el Primer Encuentro del Grupo de Interés de Realidad Virtual y Aumentada Aplicada en Salud en Cataluña, con el objetivo de establecer las bases para impulsar un grupo de interés en las tecnologías de este ámbito aplicadas en salud con la participación de la mayoría de los actores del territorio implicados. Participaron más de treinta profesionales de diferentes centros y, actualmente, ya forman parte del mismo muchos más. De hecho, en el último informe del Mapa de Tendencias detectamos que el 27 % de los centros utilizaban la realidad virtual, y el 2019 pudimos recoger más de cincuenta iniciativas en este ámbito. Por lo tanto, es necesario intentar conectar las diferentes iniciativas, unir esfuerzos e impulsar la innovación entre las diferentes entidades miembro del ecosistema catalán en salud.

Este informe pretende ser un punto de partida sobre el estado actual de la realidad virtual en salud. Recoge la evolución histórica de esta tecnología, las diferentes definiciones y aplicaciones, así como los dispositivos más utilizados. Compara las diferentes iniciativas internacionales y define pautas para impulsar proyectos de realidad virtual en centros de salud. Este contenido, que tenéis a vuestra total disposición, es fruto del trabajo de los profesionales de la Fundació TIC Salut Social y nace con la voluntad de convertir-se en un documento de consulta entre los profesionales del sistema que trabajan en este ámbito.

La información que contiene este documento refleja un estudio basado en la experiencia de la Fundació TIC Salut Social con la colaboración del sector de la salud y de las TIC, pero no manifiesta necesariamente la posición global de la industria de la RV.

2. EVOLUCIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL

La **realidad virtual** (RV) es un concepto muy extenso y conocido actualmente dentro del sector tecnológico, pero históricamente no siempre ha sido así, ya que ha existido una gran dificultad para definirla y buscar su origen.

A continuación se muestra un análisis retrospectivo sobre los principales acontecimientos históricos que han contribuido a la evolución de esta tecnología en el transcurso de los años hasta la actualidad:



La NASA creó el Virtual Interface Environment Workstation (**VIEW**) (10), un sistema de visualización estereoscópica que se colocaba en la cabeza y tenía una pantalla que podía ser un entorno artificial generado por ordenador o un entorno real retransmitido por cámaras de vídeo remotas. Los guantes (DataGlove) disponían de una serie de cables y sensores de fibra óptica que detectaban cualquier movimiento de los dedos de quien los llevaba puestos y transmitían la información a un ordenador anfitrión.

1990

1991

Durante la década de los noventa, surgieron diferentes máquinas recreativas y cascos de RV accesibles para el público para jugar a videojuegos, como, por ejemplo, las Virtuality, creadas por **Virtuality Group** (11). En estas máquinas, los usuarios llevaban un juego de gafas RV para jugar con entornos visuales inmersivos estereoscópicos en 3D en tiempo real.

Nintendo lanzó el **Virtual Boy** (12), una consola de videojuegos que mostraba gráficos monocromáticos que daban la sensación de 3D gracias a un efecto estereoscópico. La consola no obtuvo suficientes ventas y se retiró del mercado pocos meses después.

1995

1999

Se estrenó en todo el mundo la película **Matrix**, de las hermanas Wachowski. Si bien antes ya habían aparecido películas en las que se destacaba el concepto de mundo virtual o RV, como Tron (1982), The Lawnmower Man (1992) o Johnny Mnemonic (1995), fue con Matrix y su impacto cultural en la sociedad cuando se extendió.

Google mejoró sus mapas añadiendo la funcionalidad de Google Street View (figura C), que permite ver con imágenes de 360° prácticamente cualquier calle del mundo. Posteriormente, en 2010, Google añadió un modo estereoscópico 3D para Google Street View (13)

2007

2012

Fue en el año 2012 cuando la RV empezó a conseguir mucha popularidad en todo el mundo con las **Oculus Rift**, después de que su fundador, Palmer Luckey, presentara el primer kit para desarrolladores, en un proyecto Kickstarter para obtener financiamiento. Consiguió doblar su objetivo de 250 000 \$ en poco más de dos horas (14).

Facebook adquiere el proyecto de Palmer Luckey y las gafas Oculus Rift, por **dos mil millones de dólares** (15). Facebook tiene previsto expandir la tecnología de Oculus a sectores como el de la comunicación, el educativo, así como el de los videojuegos

2014

2016

Los primeros kits de desarrollo de las Oculus Rift (figura D) se pusieron a la venta finalmente el año 2016 y, si bien originalmente se pensaron para disfrutarlas en videojuegos, muchos otros sectores, como la educación, el automovilismo, la publicidad, el turismo o la salud, vieron la oportunidad de aprovechar esta tecnología para ofrecer nuevas experiencias inmersivas a los usuarios.



Figura C. Google street View

Se comenzó a popularizar mucho el uso de la RV en los smartphones, gracias sobre todo al aumento de las capacidades de los móviles, como es el caso de la potencia gráfica. Además, la disponibilidad de dispositivos standalone (gafas autónomas que no necesitan conectarse a un PC o incorporar un smartphone), como las Oculus GO o las Oculus Quest, es otro factor que impulsa los casos de uso de la RV, junto con el abaratamiento de esta tecnología y la posibilidad de que más usuarios decidan comprar sus propias gafas.

2018



Figura D. Oculus rift

3. DEFINICIÓN DE RV/RA/RM

3.1 ¿Qué entendemos por Realidad Virtual?

La **realidad virtual** (RV) es el término utilizado para describir un entorno tridimensional generado por computadora que puede ser explorado y ejecutado por una persona (15). Esta interacción con el entorno tridimensional puede ser a través de instrucciones de voz o a través de periféricos como, por ejemplo, mandos o guantes, con detecciones de movimiento o sin.

Si bien el concepto de RV existe desde el siglo pasado, actualmente se relaciona con la experiencia que, a través de la tecnología en forma de casco o gafas, aísla completamente a la persona del entorno real que lo rodea para conseguir una inmersión total.

Existen diversos elementos que son importantes para tener una experiencia de RV óptima. Los más relevantes son los siguientes:

Mundo virtual. Es un entorno tridimensional que con frecuencia, pero no necesariamente, se genera a través de un medio (es decir, representación, visualización, etc.). Se puede interactuar y se pueden crear objetos como parte de esta interacción.



Inmersión. Es la percepción de estar físicamente presente en un mundo no físico. Cuanto más elaborado y creíble sea el entorno visual, más profunda será la inmersión. Los efectos sonoros y las melodías ayudan a aumentarla.

Retroalimentación sensorial. La estimulación de los sentidos requiere una retroalimentación sensorial (feedback), que se consigue a través de equipos (hardware) y programas informáticos (software) integrados, también conocidos como entradas (inputs).



Interactividad. El elemento de interacción es crucial para las experiencias de RV, que han de proporcionar a las personas suficiente comodidad para relacionarse naturalmente con el entorno virtual.

3.2 ¿Qué entendemos por Realidad Aumentada y Realidad Mixta?

La **realidad aumentada** (RA) y la **realidad mixta** (RM) son tecnologías que, junto con la realidad virtual (RV), han evolucionado mucho durante los últimos años. Tanto la RA como la RM comparten aspectos en común con la RV, como la necesidad de disponer de un hardware que permita generar elementos digitales (2D o 3D) o la posibilidad de interactuar con estos elementos digitales.

La RA es el término que se utiliza para definir la visión de un entorno físico del mundo real a través de un dispositivo tecnológico, añadiendo elementos digitales reales (16). Se acostumbra a experimentar a través de smartphones, tabletas táctiles o incluso smartglasses como las Google Glass, y se puede controlar a través de pulsaciones táctiles o instrucciones de voz.

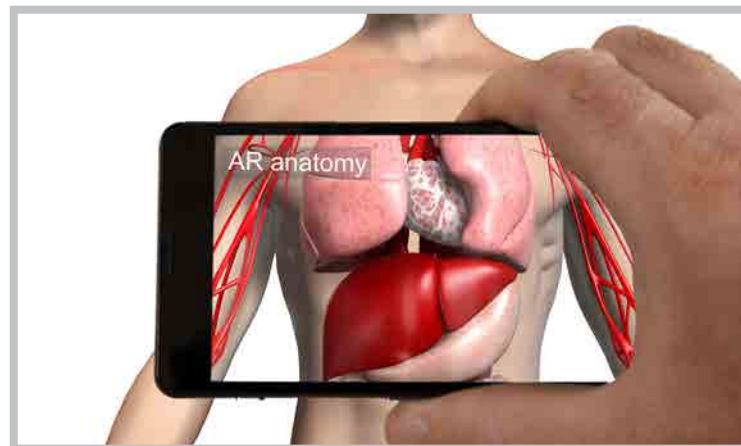


Figura E. Aplicación de RA que muestra un pulmón

La principal diferencia con los dispositivos de RV es que, mientras que esta última aísla completamente al usuario del entorno real que le rodea para sumergirlo completamente en un entorno virtual y conseguir la mejor inmersión posible, la RA no aísla al usuario del entorno real, sino que puede continuar viendo lo que le rodea pero con elementos digitales superpuestos (figura E).

En la RA, los elementos digitales que se muestran pueden ser estáticos o animados, tanto figuras en 2D como en 3D. Habitualmente se superponen sobre una figura que la aplicación reconoce, como puede ser un código QR, un patrón dibujado en un papel o incluso un objeto real que ha sido previamente escaneado por la aplicación. También puede utilizar la localización GPS para generar elementos digitales en el entorno real sin la necesidad de depender del reconocimiento de patrones para ubicar el elemento digital. Uno de los ejemplos más exitosos es la aplicación Pokémon GO (figura F), de Niantic (17).



Figura F. Pokémon GO



En cuanto a la RM, se define como el resultado de combinar el mundo físico con el mundo digital. Puede capturar la posición de una persona en un entorno físico, superficies y límites (por ejemplo, mapeo espacial y comprensión espacial), iluminación y sonido ambiental, reconocimiento de objetos y ubicación (figura G).

Figura G. Aplicación de RM que permite manipular un pulmón en 3D en forma de holograma

Con la RM no solo se muestran elementos digitales en el entorno real, sino que, además, las personas pueden verlos y manipularlos. Es el caso, por ejemplo, de la creación de un modelo de anatomía en forma de holograma¹, desde diferentes ángulos (figura H).



Figura H. Espectro de realidad mixta

1. Un holograma es un tipo de fenómeno del campo visual o fotografía por el cual el tratamiento de la luz que recibe una imagen hace que esta tenga diversos planos y aparezca, así, de manera tridimensional. Sin embargo, en el contexto de este texto, los hologramas son objetos 3D generados por computadora.

Hay experiencias de RM que se acercan mucho a lo que se conoce como RA, pero estas suelen ser de un nivel más evolucionado (por ejemplo, permiten interactuar con hologramas). De hecho, es habitual categorizar como aplicaciones de RA algunas de las experiencias de RM. También hay experiencias de RM que se acercan más a lo que se conoce como RV, ya que todo lo que el usuario ve en el visor es virtual, pero con la principal diferencia que el entorno virtual generado tiene en cuenta el entorno real que le rodea, como, por ejemplo, una sala y los objetos que contiene.

Cabe destacar que uno de los dispositivos en forma de gafas que más ha popularizado el término de RM han sido las HoloLens de Microsoft, distribuidas el 2016 y potenciadas el año 2019 con el lanzamiento de la siguiente versión, las HoloLens² (18) (figura I).



Figura I. Dispositivos holográficos y dispositivos inmersivos en la RM

La figura siguiente (19) muestra de manera esquemática las diferencias principales entre la RV, la RA y la RM que se han comentado a lo largo de este capítulo (figura J):

REALIDAD VIRTUAL (RV)	REALIDAD AUMENTADA (RA)	REALIDAD MIXTA (RM)
Entorno totalmente artificial	Los objetos virtuales se superponen a entornos del mundo real	El entorno virtual se combina con el mundo real
Inmersión total en el entorno virtual	El mundo real es mejorado con objetos digitales	Permite interactuar tanto con el mundo real como con el entorno virtual

Figura J. Diferencias entre RV, RA y RM

2. Las HoloLens fueron el primer ordenador holográfico sin cables. Se pueden controlar con la mirada, los gestos de los dedos o la voz. Disponen de un juego de lentes gemelas en las que se proyectan los hologramas y dan información de profundidad, forma y dimensiones.

4. APLICACIONES DE LA RV/RA/RM

La **realidad virtual** (RV) puede ofrecer múltiples aplicaciones que pueden ser de utilidad en diversos sectores gracias a la capacidad de recrear cualquier entorno y situación.

El sector que genera más contenidos y beneficios mediante la RV es el del entretenimiento, concretamente el de los videojuegos. Actualmente, también otros sectores como el turismo, el automovilismo, el deporte, la empresa, la educación y, sobre todo, la sanidad utilizan esta tecnología para ofrecer nuevas experiencias a sus usuarios.

A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones que permite la RV en diferentes sectores, así como algunas de las más destacadas en relación con los dispositivos de RA y RM.

4.1 Aplicaciones de la RV por sectores

Entretenimiento

Tal como se ha comentado anteriormente, el sector más destacado en RV es el entretenimiento, concretamente el ámbito de los videojuegos. Se trata de una industria que cada vez genera más beneficios y son muchas las empresas tecnológicas internacionales que están apostando por ella; es el caso, por ejemplo, de Microsoft, Samsung o Facebook. Actualmente, por lo que se refiere a las Playstation VR, las gafas de RV de Sony para la videoconsola doméstica PlayStation 4 (PS4), se han vendido más de 5 millones de unidades en todo el mundo (20) (*figura K*). Además, cada vez se publican más videojuegos con posibilidades de experimentarlos en RV, no solo para videoconsolas domésticas, sino también para ordenadores y *smartphones*.



Figura K.
Gafas PSVR

Cabe destacar, también, otras áreas de entretenimiento que están ofreciendo experiencias de este tipo. Aplicaciones como Oculus Venues (21), de hecho, han contribuido a la difusión de actividades como ver una película o seguir un evento deportivo en RV, añadiendo un componente social gracias a la posibilidad de participar en el evento de manera remota, dentro de un entorno virtual, junto con otros usuarios.

La otra industria, conocida como Location Based VR (LBVR), está ganando una posición importante en el mundo del entretenimiento en RV. La LBVR es todo tipo de entorno en que los usuarios participan en una experiencia simulada en RV, acompañada de infraestructuras específicas capacitadas para crear efectos multisensoriales como vibraciones, olores y objetos simulados que los usuarios pueden tocar y manipular. Gracias a la posibilidad de disponer de estas infraestructuras, las experiencias LBVR pueden proporcionar al mundo del entretenimiento en RV una dimensión añadida que, en un entorno doméstico, todavía es difícil de alcanzar a causa de los altos costes de instalación y mantenimiento.

Extendiendo el concepto de entretenimiento a áreas como el turismo y la cultura, en muy común, actualmente, utilizar aplicaciones de RV para visitar reconstrucciones tridimensionales de museos y lugares remotos de interés turístico. Además de las visitas virtuales más típicas, también es posible participar de experiencias totalmente nuevas, como recreaciones tridimensionales de cuadros famosos en RV (22), que acercan el concepto de LBVR, mencionado anteriormente, a museos (*figura L*) y salas de exposiciones.



Figura L. Experiencia VR que simula un museo

En entornos turísticos y culturales también se están difundiendo aplicaciones de RA como sustitutas o como complemento de las audioguías (23), cosa que permite a los usuarios visualizar informaciones adicionales en las pantallas de *smartphones*, tabletas táctiles o gafas específicas (como las HoloLens de Microsoft) (24).

La popularidad de dispositivos como los smartphones y las tabletas táctiles también está contribuyendo a la difusión de muchas aplicaciones de realidad aumentada entre los usuarios.

Las tiendas en línea para smartphones y las tabletas táctiles, como la Play Store (Google) o la Apple Store (Apple), ofrecen una gran cantidad de aplicaciones de RA. Algunas de las más exitosas han sido Pokémon Go, que utiliza la RA y la localización GPS para mostrar elementos digitales en 3D en la calle y en ubicaciones emblemáticas, u otras como Snapchat o Instagram, que permiten aplicar multitud de filtros y accesorios digitales a través de la RA (25).

Educación

La RV se puede utilizar para situaciones en la enseñanza y el aprendizaje, permitiendo presentar datos complejos de una manera accesible y fácil a los/las estudiantes (*figura LL*). Además, descubren un ambiente innovador lleno de nuevas posibilidades. Por ejemplo, la RV permite viajar en el tiempo y vivir en primera persona acontecimientos históricos, no solo para obtener información y datos, sino también por otros tipos de percepciones que solo la inmersión de la RV puede ofrecer.



Figura LL. AR Coloring. Disney Research Hub

Existen también multitud de aplicaciones de RA (orientadas a la enseñanza) para aprender (26), como por ejemplo, en el caso de la astronomía, la identificación de planetas y estrellas a través del enfoque de nuestro móvil a estos (aplicación Sky Map). O las matemáticas en las que los estudiantes de primaria pueden aprender a sumar y restar utilizando escenarios del mundo real (aplicación FETCH! Lunch Rush) como también en el caso de los idiomas, donde se pueden traducir directamente textos impresos en objetos, enfocando la cámara con el Google Translate (27).

Con la RM, los estudiantes pueden manipular objetos generando una mayor comprensión de los mismos, y también interactuar con conjuntos de datos, fórmulas complejas y conceptos abstractos, facilitando así su comprensión (28).

Las aplicaciones de RA se están difundiendo también en entornos educativos infantiles, en los que los/las usuarios/as más jóvenes pueden participar en actividades creativas, como pintar o dibujar. Estas aplicaciones añaden una dimensión tridimensional que las hace más atractivas que las tradicionales.

Industria

Con la RV se puede realizar formación en diversos procesos industriales, que van desde trabajar en una cadena de montaje (*figura M*), realizar visitas virtuales a las instalaciones, o conducir maquinaria industrial en una excavación minera, entre otras.

Figura M. Experiencia VR en la industria



Con esta tecnología también se pueden simular accidentes de trabajo o realizar simulaciones de maniobras de operación arriesgadas, así como ensayos de actuación en caso de emergencia y rutas de escape. Además, también se pueden utilizar los simuladores de RV, para optimizar tareas dentro del sector industrial, ofreciendo por ejemplo, sistemas interactivos de gestión de almacén.

Por otro lado, la industria de la automoción también se está beneficiando de esta tecnología, como, por ejemplo, para visualizar los prototipos virtuales de coches a escala real, o para establecer revisiones de diseño con la colaboración de diversos ingenieros.

Desde hace una década, el mundo de la automoción ya implementa aplicaciones de RA, tales como ADAS (Advanced Autonomous Driving Systems), que gracias a proyecciones virtuales aplicadas sobre imágenes naturales, proporcionan información añadida al conductor, estimando la trayectoria del vehículo y guiando la conducción (29) (*figura N*).

Tanto la RA como la RM son una parte integral de los conceptos de la industria 4.0, ya que permiten a los/las trabajadores/as acceder a la información digital y superponerla con el mundo físico (*figura O*).



Figura N. Continental. Sistema ADAS de RA



Figura O. Industria 4.0

Deporte

La amplia gama que ofrecen las plataformas de RV también las hace ideales para mejorar el rendimiento deportivo de los usuarios desde la comodidad de su domicilio y mientras compiten y socializan con su familia y amigos.

Al mismo tiempo, esta tecnología puede facilitar la práctica de una gran variedad de deportes desde el mismo hogar, gracias al hecho que las simulaciones en RV trasladan a los usuarios a entornos deportivos reales, como gimnasios, o a espacios abiertos (*figura P*).

Además, la RV se puede utilizar combinada con otras máquinas o dispositivos para aumentar la inmersividad. Por ejemplo, se puede combinar una bicicleta estática con una simulación de un entorno real para practicar bicicleta de montaña.

Seguridad

Los cuerpos de seguridad pueden utilizar la RV para entrenarse en diferentes modalidades. Por ejemplo, en el caso de los militares, pueden recrear simulaciones de combate real u otros escenarios peligrosos en los que deban aprender a reaccionar de manera eficaz (30). Esta tecnología también puede ayudar cuando se trata de aprender a pilotar un vehículo militar, como un tanque o un caza de combate.

Además, las simulaciones de RV son más seguras y menos costosas que los métodos de entrenamiento tradicionales y pueden evitar que haya cualquier riesgo grave o leve por parte de los profesionales (*figura Q*).

Por otro lado, la RV también se puede utilizar para tratar el trastorno de estrés postraumático en soldados que hayan padecido algún trauma en el campo de batalla (31). Si los usuarios se someten gradualmente a exposiciones que desencadenan su condición, pueden aprender a afrontar los síntomas en un entorno seguro.

La RA también tiene mucha presencia en este ámbito por la cantidad de posibilidades que puede ofrecer en cuanto a gafas o cascos militares avanzados con esta tecnología. Por ejemplo, para un piloto de un caza, un casco inteligente le puede proporcionar información crucial del entorno que le rodea mientras vuela a más de 1500 km/h.



Figura P. RV conectada al bienestar personal



Figura Q. Entrenamiento del ejército en RV

Otros sectores

Muchos otros sectores también aprovechan la RV, la RA la RM para ofrecer nuevas experiencias a sus usuarios. Por ejemplo, en el mundo inmobiliario, la RV permite crear propiedades antes de que se hayan construido y mostrarlas al interesado (32). Por otro lado, la RA se puede utilizar, por ejemplo, para representar digitalmente mobiliario en el hogar del usuario simplemente enfocando la cámara del smartphone o la tableta táctil (33).

En el sector del turismo, las personas pueden experimentar rutas virtuales (*figura R*) que ofrecen las agencias de viajes cuando se trata de escoger un destino o cuando el usuario está haciendo turismo. Gracias a aplicaciones de RA, pueden enriquecer su experiencia de viaje con la información digital extra que les proporcionan cuando enfocan lugares emblemáticos con la cámara del *smartphone* (34).

En el sector de la moda, se utiliza software de RV para construir tiendas digitales de moda, elaborar avatares 3D de ayuda en el diseño o mostrar los diseños en la pantalla del *smartphone* (35).

En cuanto al sector de la construcción, se puede elaborar un proyecto en un entorno virtual para ofrecer ventajas cuando se trate de, por ejemplo, probar diversos factores sin el tiempo ni el coste de la construcción de la estructura, reduciendo el número de errores que pueda haber una vez que el edificio se haya edificado. Por otro lado, con la RM, en una construcción se puede mejorar la comprensión y la comunicación de condiciones espaciales complejas a través de la combinación del mundo real con el mundo virtual (36).

Finalmente, conviene destacar el sector científico, que aprovecha esta tecnología para expresar ideas complejas y conceptos, como es el caso de modelos o resultados estadísticos.

Figura R. Uso de la RV para simular tours virtuales



4.1.1 El futuro del 3D, su aplicabilidad en la RV y su impacto en el ámbito de la salud

El éxito de la RV no se limita a los casos de uso ya mencionados en este informe, ya que el desarrollo actual en el campo del vídeo en 3D tiene como objetivo revolucionar el uso diario de ciertas tecnologías. Conceptos como vídeo volumétrico³, hologramas y campos de luz⁴ han alcanzado una popularidad muy amplia en el mundo de la investigación y pronto llegarán a tener un impacto diario en la vida de los usuarios.

La manera como nos comunicamos ya es una de las primeras actividades afectadas por esta revolución. Uniendo el vídeo volumétrico con sistemas de envío en tiempo real (como videoconferencia), se puede llegar a la *Holoportation* (37) (figura S), es decir, en el transporte holográfico, un sistema que permite que dos personas se comuniquen en tiempo real en un entorno de RV o RA. En el primer caso, ambos se comunicarán en un escenario totalmente virtual, y, en el segundo, se encontrarán proyectados sobre el mundo real.

Sin embargo, el vídeo volumétrico también puede convertirse en una mejora sin precedentes en las experiencias de RV. De momento, en las experiencias de RV más populares, el usuario se encuentra representado como un avatar (figura T), o, al mismo tiempo, sin ningún tipo de representación. Los hologramas se pueden proyectar como representación, para que el usuario tenga la sensación de ver su propio cuerpo, con los movimientos reales actuando al momento. Gracias a esta revolución, muchos de los usos mencionados podrán ganar una dimensión más humana y social.

Muchas actividades que necesitan una elevada interacción o que comportan ciertos riesgos se podrán realizar de manera remota sin perder los beneficios de una comunicación presencial. El aprendizaje profesional o la formación en el uso de máquinas pesadas y peligrosas son ejemplos de aplicaciones en que una interacción humana natural añadiría una dimensión de realismo a entornos simulados.

Por último, los sistemas basados en campos de luz (light fields) se están posicionando como los candidatos principales para la creación de contenidos 3D de alta calidad y la representación tridimensional en pantallas holográficas (sin la necesidad de un visor de RV/RA) (figura U).

3. El vídeo volumétrico o vídeo holográfico es la técnica que captura el movimiento en un espacio tridimensional.
4. Esta función caracteriza completamente el flujo de luz a través de un espacio obstruido en una escena estática con iluminación fija.

De hecho, los sistemas de capturas light field permiten la creación de contenidos en tres dimensiones gracias a la posibilidad de conocer el ángulo de incidencia de cada rayo que atraviesa las ópticas. Esto crea un conocimiento sobre la posición de los objetos en el mundo 3D y genera puntos de vista idealmente desde cualquier posición.



Figura V. Pantallas holográficas en un coche

Por otro lado, los sistemas de representación que utilizan la misma tecnología, denominados pantallas holográficas (figura V), o autoestereoscópicas, permiten la visualización de contenido tridimensional sin la necesidad de utilizar gafas de RV o RA. Esta situación es ideal en situaciones en las que el usuario necesita una visibilidad perfecta, como es el caso, por ejemplo, de conducir un vehículo.

Los beneficios de los avances que ofrece esta visión tendrán un impacto considerable en el sector de la salud. Si nos referimos al aprendizaje, por ejemplo, gracias al transporte holográfico, será posible participar en remoto en sesiones presenciales de entrenamiento en entornos virtuales. Se podrán compartir simulaciones multisensoriales, en las que un instructor, por ejemplo, podrá reproducir una sensación física, un peso o un movimiento y transmitirlo a los estudiantes.



Figura W. Reconstrucción en 3D de un corazón

Aprovechando las tecnologías de campos de luz, en entornos médicos se podrá hacer un paso adelante en el campo de la cirugía, como, por ejemplo, en la endoscopia. De hecho, gracias al endoscopio light field (38), el campo de visión limitado de una cámara será sustituido por un sistema de imágenes con menos presencia de oclusiones y al mismo tiempo con la capacidad de ver a través de fluidos turbios, con presencia de sangre u otras situaciones de baja visibilidad.

Gracias a técnicas de fusión entre tecnologías diferentes y diversas, será posible unir las imágenes capturadas por un endoscopio a la información obtenida a través de tecnologías de escaneo corporal, como las ecografías, para crear reconstrucciones en 3D de las cavidades humanas sin que sea necesaria ninguna acción invasiva. Una operación de cirugía endoscópica tendrá entonces una nueva dimensión en términos de visibilidad por parte de un equipo médico.

Englobando estos casos de uso en las nuevas redes o vías de transmisión de alta velocidad y baja latencia (como el 5G), las aplicaciones de RV/RA/RM se podrán utilizar no solo para el aprendizaje, sino también para realizar actividades que hasta ahora han requerido la presencia de profesionales y una actuación inmediata. Situaciones delicadas como, por ejemplo, intervenciones quirúrgicas, se podrán hacer efectivas en remoto gracias a la RM en conjunto con dispositivos hápticos (asociados al sentido del tacto) (figura W),.

Esta visión muestra el desarrollo a medio y largo plazo de la investigación; en cambio, las aplicaciones virtuales ya están fuertemente arraigadas en el sector sanitario.



Figura S. Holoportation



Figura T. Usuario observando sus manos representadas en RV



Figura U. Uso de la RV para entrenamiento quirúrgico

4.1.2 RV/RA/RM en relación con otras tecnologías como el 5G y el Wi-Fi 6

Gracias a la colaboración entre Huawei y la Fundación TIC Salut Social, se ha podido analizar con proyección futura cual será la repercusión que tendrá el 5G u otras tecnologías de conectividad en el campo de la RV/RA/RM en el ámbito de la salud y de qué manera nos acompañarán en nuestra vida diaria en un futuro próximo.

Es verdad que la evolución de los dispositivos de RV/RA/RM en los últimos cinco años ha dado un salto cualitativo muy significativo. De hecho, estos dispositivos han mejorado en la línea de potenciar su efecto inmersivo y los efectos del sonido 3D, así como en el hecho de proporcionar una experiencia de pantalla gigante IMAX.

Más allá de las especificaciones técnicas y el diseño, empresas como Huawei, entre otras, han acompañado el lanzamiento de gafas de RV con una plataforma de contenido de más de 30.000 horas de reproducción de alta definición y con la previsión de añadir más películas, series y videojuegos en los próximos años. Tal como sucedió con las plataformas como Netflix, Amazon Prime y Disney+, por mencionar algunos actores en el mundo del streaming, existe la posibilidad que, en los próximos años, la competición en la RV se traslade del hardware a la generación y emisión de contenidos. Por ejemplo, la aparición de retransmisión exclusiva de acontecimientos como los partidos de fútbol y conciertos, aplicaciones en el mundo educativo, cultural, empresarial, etc.

Por otro lado, es previsible un aumento del porcentaje de contenido 4K/8K, 3D e interactivo, cosa que requerirá cada vez más ancho de banda y una latencia mínima para garantizar una buena experiencia para el usuario. Nos referimos a un mínimo de 50 Mbps y una latencia inferior a 20 ms por usuario en aplicaciones, sobre todo en el ámbito de la salud. El formato sin cables predominará como medio por excelencia por la libertad de movimiento que comporta.



Todo esto significa que nuestra infraestructura actual de comunicación, sea 3/4G o Wi-Fi n/ac, ya no será viable para alcanzar este crecimiento de contenido y calidad en RV. Además, es previsible que la RV sea una de las aplicaciones 5G fundamentales, así como el crecimiento exponencial de los terminales de esta tecnología. Dado que el recurso radioelectrónico de 5G es finito, también se prevé una actualización de las infraestructuras Wi-Fi al nuevo estándar, o simplemente Wi-Fi 6, que comparte muchas prestaciones con el 5G, sobre todo en términos de ancho de banda y baja latencia.

4.2 Aplicaciones en Salud

El ramo sanitario es uno de los que más ha adoptado la RV, que permite múltiples posibilidades, como, por ejemplo, el tratamiento de fobias (39), la simulación de la cirugía y el entrenamiento de habilidades (40) o el fomento de la recuperación de capacidades cognitivas (*figura X*).

En entornos visuales de formación, se pueden representar salas de cirugía, en las que los profesionales sanitarios mejoren sus habilidades y adquieran nuevas en un entorno seguro y controlado. Se pueden recrear, también, situaciones de emergencia sanitaria, escenarios que son difíciles de recrear en un entorno físico real (41). Además, se puede utilizar para aprender anatomía explorando dentro del cuerpo humano, desarrollar simulaciones de cirugía o representar imágenes tridimensionales del cuerpo para que los estudiantes de medicina las puedan explorar (42).

También se puede utilizar la RV para reducir la ansiedad y calmar el dolor (43), por ejemplo, en casos de efecto de “miembro fantasma” o amputación, o en personas con fibromialgia.

Además, muchas empresas tecnológicas y centros hospitalarios apuestan por llevar a cabo proyectos de salud utilizando tanto la RA como la RM. Por ejemplo, los estudiantes de ciencias de la salud pueden aprender anatomía e interactuar con hologramas en 3D que representan las diferentes capas del cuerpo humano (piel, músculos, vasos sanguíneos, etc) (*figura Y*).



Figura X. RV para rehabilitación

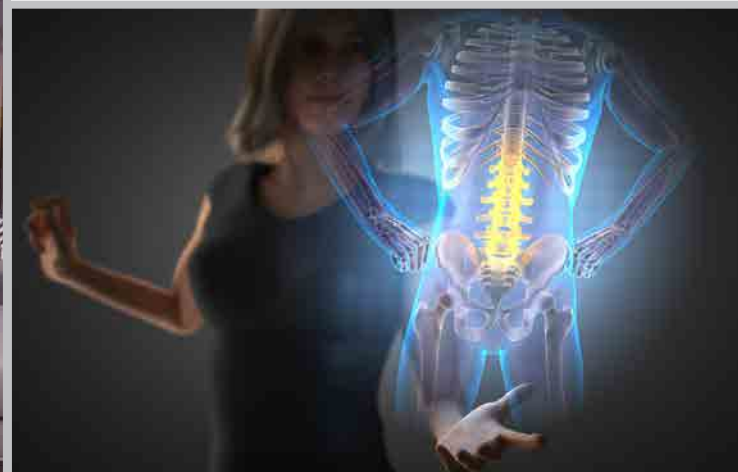


Figura Y. Representación holográfica del cuerpo humano en diferentes capas

Desde el punto de vista quirúrgico, se están utilizando gafas de RM en los quirófanos durante las intervenciones, por ejemplo, para visualizar paneles interactivos que permiten a los profesionales acceder, consultar y manipular información clínica del paciente en tiempo real, sin desviar la atención del campo quirúrgico (44) (*figura Z*).

Además, tanto la RA como la RM pueden permitir adentrarse en el mismo paciente a través de hologramas en 3D generados a partir de resonancias magnéticas (45) (*figura AA*).

Además, esta tecnología se puede utilizar para que diversos profesionales asistenciales, desde lugares distintos, puedan participar en una misma intervención de manera colaborativa. Esto se consigue conectando las gafas de RM en línea y representando en forma de hologramas a los profesionales que no se encuentran físicamente en el quirófano (46).

Por otro lado, cabe destacar que el pasado mes de febrero del 2020, el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona utilizó por primera vez en el estado español un holograma en 3D como imagen de apoyo para realizar una cirugía de alta complejidad. El holograma permite recrear la anatomía del paciente al cual se está interviniendo. Se visualiza dentro del mismo quirófano en una pirámide de cristal de unos dos metros de altura, aproximadamente, que muestra la imagen tridimensional a todos los profesionales asistenciales que están participando en la intervención (47).



Figura Z. Uso de la RM para ver “a través” del cuerpo



Figura AA. Representación de usuarios en forma de avatares holográficos

5. DISPOSITIVOS RV/RA/RM

Como tecnología emergente, el número de empresas que se dedican a la RV/RA/RM va incrementando considerablemente, de manera que cada vez es más accesible a través de empresas y start-ups innovadoras que se introducen en el mercado.

Actualmente existe una gran diversidad de modelos de gafas de RV disponibles (figura AB), desde gafas de bajo coste para móviles hasta dispositivos de gama alta que permiten ofrecer una experiencia más inmersiva y de calidad.



Figura AB Gafas diversas de RV

Como en cualquier dispositivo tecnológico, las funcionalidades y características son lo que diferencian unas gafas de otras y lo que marca su precio. A continuación se citan los factores principales que se deben tener en cuenta en cualquier experiencia de RV (figura AC):

Incorporación de pantalla: habitualmente, esto diferencia las gafas de RV para móviles del resto. En las gafas que no la incluyen, se introduce el móvil dentro del mismo visor para que la pantalla del teléfono proyecte las imágenes.

Resolución de pantalla: cuanto más alta sea la resolución, mejor será la calidad de las imágenes que se proyectarán en la pantalla del visor. Los textos serán más fáciles de leer y las imágenes que se proyectan serán más definidas, de manera que se conseguirá mejorar la experiencia de inmersión del usuario.

Frecuencia de refresco (Hz): es un número que especifica cuantas veces por segundo cambia la imagen en la pantalla. Según los expertos, es recomendable que las gafas de RV ofrezcan un mínimo de 90 Hz, ya que en frecuencias de refresco menores podrían ocasionar mareos o malestar en los usuarios (48).

Capacidad gráfica (procesador, RAM...): principalmente, en los dispositivos autónomos o también conocidos como standalone.

Capacidad gráfica (procesador, RAM...): principalmente, en los dispositivos autónomos o también conocidos como standalone.

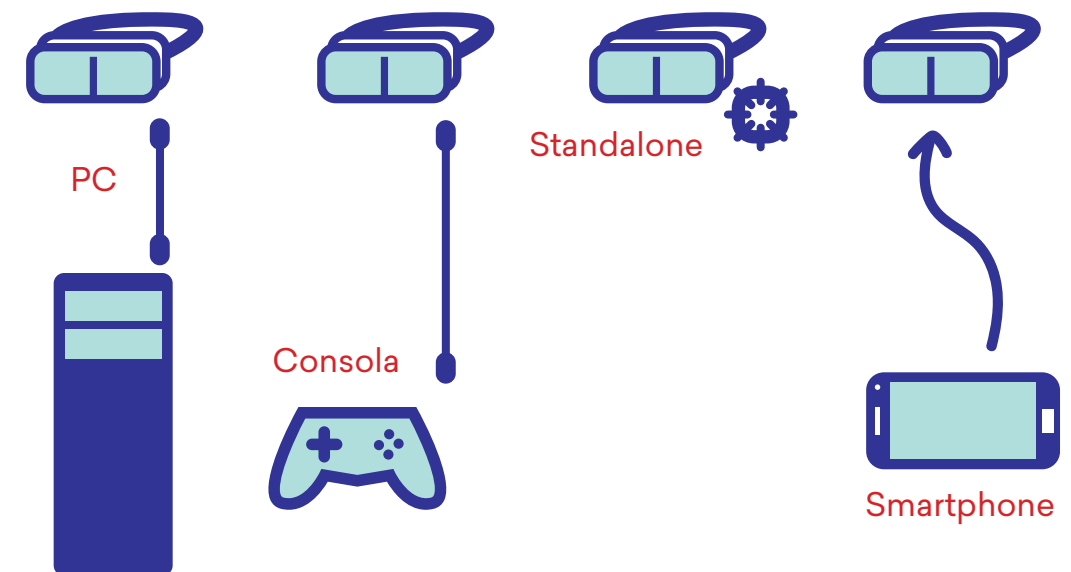


Figura AC. Conexiones a otros dispositivos según los requisitos de diferentes gafas de RV

Gafas no autónomas: necesitan conectarse a un PC, si se conectan por cable o sin cables.

Accesorios: los que lleva incorporados el mismo producto, como los controladores y/o sensores externos. También existen diferencias importantes entre controladores más simples, que solo sirven para hacer de puntero, y otros más avanzados, con diversos botones que detectan movimiento.

Movimiento: las gafas de RV más simples solo detectan el movimiento rotacional de la cabeza, pero las más sofisticadas pueden detectar, también, el movimiento de traslación del usuario (si se inclina, camina o rota todo el cuerpo 360°, o incluso el mismo seguimiento de la retina). Además, es importante tener en cuenta el espacio en el que el usuario se mueve y con qué precisión se ve reflejado en la experiencia virtual (si hay retraso en la respuesta o no, es decir, si los movimientos reales del usuario son representados fielmente en el entorno virtual). Algunas gafas ofrecen hasta 3,5 m x 3,5 m de espacio de libertad, pero otras ofrecen hasta 10 m x 10 m, también según la cantidad de sensores que se utilicen y su precisión. Además, los modelos más nuevos comienzan a prescindir de los sensores externos, ya que los mismos dispositivos incorporan los sensores para detectar el espacio en el que se mueve el usuario, de manera que se facilita la instalación y el uso de las gafas.

Material: se pueden encontrar desde dispositivos hechos de cartón hasta otros más resistentes y ergonómicos, como es el caso de la fibra de carbono.

A continuación, se muestran algunos de los fabricantes de gafas de RV/RA/RM más destacados (48) que hay en el mercado, los visores que ofrecen y las características principales más destacables:

Empresa	Dispositivo	Detección de desplazamiento ⁵	Autónomo ⁶	Controladores ⁷	Precio ⁸
FACEBOOK ⁷⁴	Oculus GO (2018)	No	Sí	Sí (1 unidad)	159 € (32 GB) 219 € (64 GB)
	Oculus Rift (2016)	Sí - Utiliza sensores externos	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	Sí (2 unidades) - Oculus Touch	No disponible en el sitio web oficial
	Oculus Rift S (2019) -Versión mejorada de las Oculus Rift	Sí - No necesita sensores externos	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	Sí (2 unidades) - Oculus Touch	449 €
	Oculus Quest	Sí - No necesita sensores externos	Sí	Sí (2 unidades) - Oculus Touch	449 € (64 GB) 549 € (128 GB)
HTC ⁷⁵	Vive Cosmos (2019)	Sí - No necesita sensores externos	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	Sí (2 unidades) - VIVE Cosmos Controller	829 €
	Vive Pro HMD (2018)	Sí - Incluye dos estaciones base para un espacio de 5 m x 5 m	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	Sí -Se han de adquirir por separado	679 €
	Vive	Sí - Incluye dos estaciones base para un espacio de 3,5 m x 3,5 m	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	Sí (2 unidades) - Controller	Agotado
	Vive Focus (2019)	Sí - No necesita sensores externos	Sí	Sí (1 unidad)	716,48 € + 159,90 € ¹²
MICROSOFT ⁷⁶	HoloLens 2 (2019)	Sí - No necesita sensores externos	Sí	No	3.500 \$ ¹⁴
SONY ⁷⁷	Playstation VR (2016)	Sí - Incluye cámara 2.0	No - Necesita conectarse a la PS4 o un PC	Sí - Se deben de adquirir por separado (PS Move)	299 €

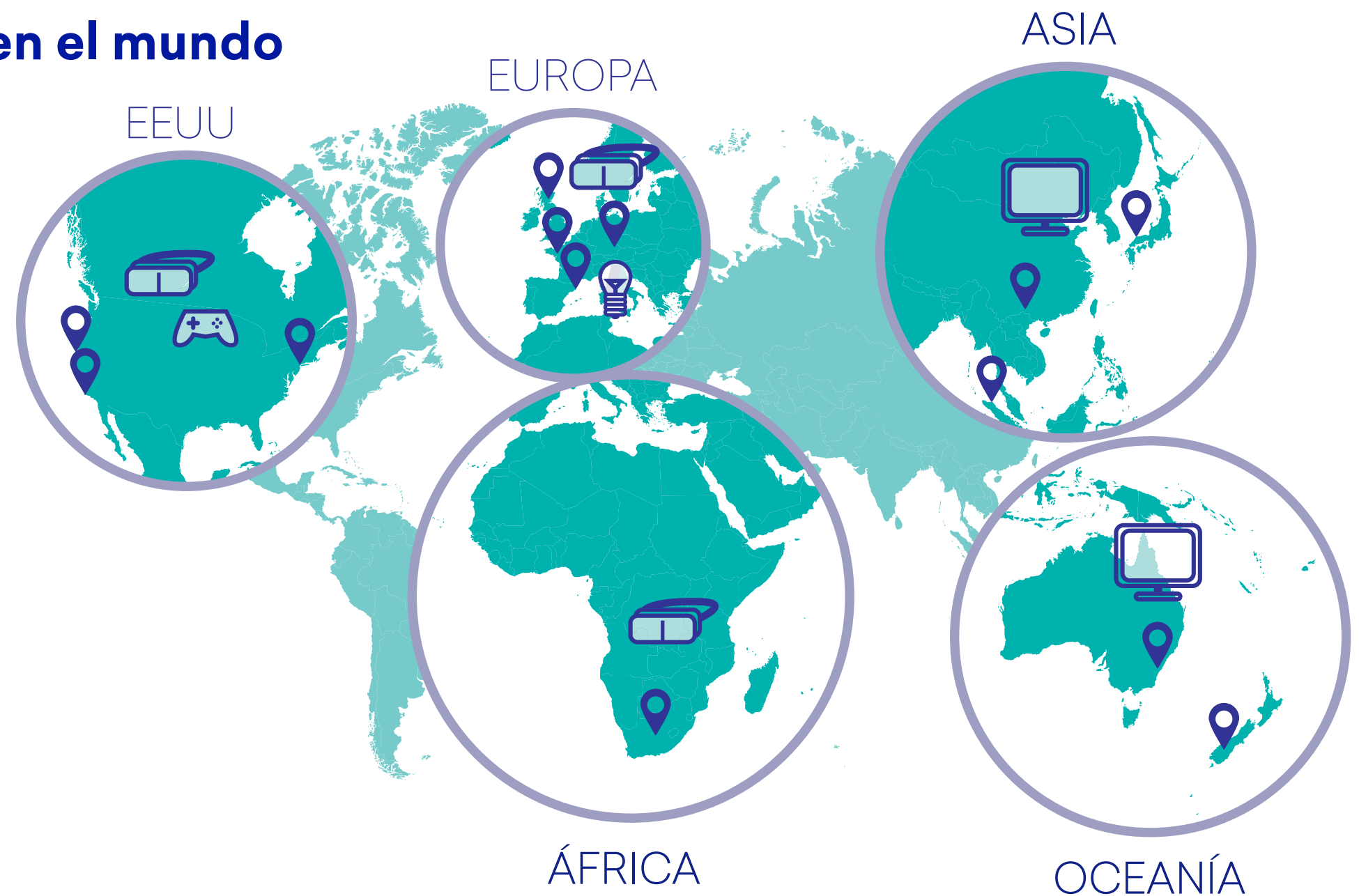
5. La detección de desplazamiento (o positional tracking) indica si el dispositivo, además de detectar la rotación de la cabeza como hacen todas las gafas de RV, permite, además detectar si el usuario se desplaza, es decir, se agacha, camina, se inclina, etc.
6. Autónomo (o standalone) indica si el dispositivo no necesita conectarse a otro dispositivo (por ejemplo, a un PC) para funcionar.
7. Los controladores o mandos permiten detectar el movimiento del brazo. Los más sofisticados detectan, también, el movimiento de los dedos.
8. Precios obtenidos de la página web oficial del fabricante en el momento de la creación de este informe.
9. Ampliable a 10 m x 10 m con cuatro estaciones base.
10. Este modelo obliga a adquirir un servicio adicional de dos años por 159,90 €.
11. Microsoft ofrece, además, otras opciones de compra (<https://www.microsoft.com/en-us/hololens/buy>).

Empresa	Dispositivo	Detección de desplazamiento ⁵	Autónomo	Controladores	Precio ⁸
GOOGLE ^{78, 79}	Glass Enterprise Edition 2 (2019)	No	Sí	No	1.195.00 \$
	Google Cardboard	No	No - Necesita incluir un smartphone	No	Desde 6 €
LENOVO ⁸⁰	Mirage Solo (2018)	Sí - No necesita sensores externos	Sí	Sí (1 unidad)	249,95 €
	Lenovo Explorer (2017)	Sí - No necesita sensores externos	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	Sí (2 unidades)	No disponible en el sitio web oficial
HP ⁸¹	HP Windows Mixed Reality Headset (2017)	Sí - No necesita sensores externos	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	Sí (2 unidades)	655,82 €
HUAWEI ⁸²	Huawei VR Glass (2019)	Sí - No necesita sensores externos	No - Necesita conectarse al smartphone (solo con la serie de móviles Huawei Mate 30, Mate 20 o P30) o a un ordenador que cumpla los requisitos mínimos	Sí (3 unidades) - NOLO CV1 Air VR 3D Console Controllers	2.999 yuanes (aproximadamente 400 €)
	XR-1 Dev Edition	Sí	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	No	9.995 €
VARJO ⁸³					
	VR-2 Pro	Sí	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	No	5995 €
	VR-2	Sí	No - Necesita conectarse a un PC que cumpla los requisitos mínimos	No	4.995 €
	Magic Leap 1	Sí	Sí	Sí (1 unidad)	2.295 \$
MAGIC LEAP ⁸⁴					

6. VISIÓN GENERAL A ESCALA MUNDIAL DE LA RV/RA/RM

6.1 Principales regiones en el mundo

Tal y como sucede actualmente con la mayor parte de las tecnologías, la **realidad virtual** (RV), la **realidad aumentada** (RA) y la **realidad mixta** (RM) son productos profundamente globalizados. Todas las partes implicadas en la investigación, el desarrollo, la producción y la creación de contenidos están ubicadas en diferentes partes del mundo. Las regiones más destacadas a escala global en RV son Asia, Europa y los Estados Unidos. Un informe de referencia en el ámbito de la RV/RA (34) nos permite obtener una cierta perspectiva de cómo se está desarrollando la RV a escala europea. De la misma manera, el informe (49) acerca una serie de datos que se han aglutinado y complementado con la misma experiencia del Observatorio de la FTSS durante el 2018. Además, informes específicos sobre el estado de implantación de esta tecnología en países concretos como Australia (50) o Nueva Zelanda (51) nos han permitido completar una visión global de la RV/RA. A continuación, se muestra una aproximación a las realidades de cada continente a través de los artículos y los informes a los que hemos hecho referencia anteriormente.

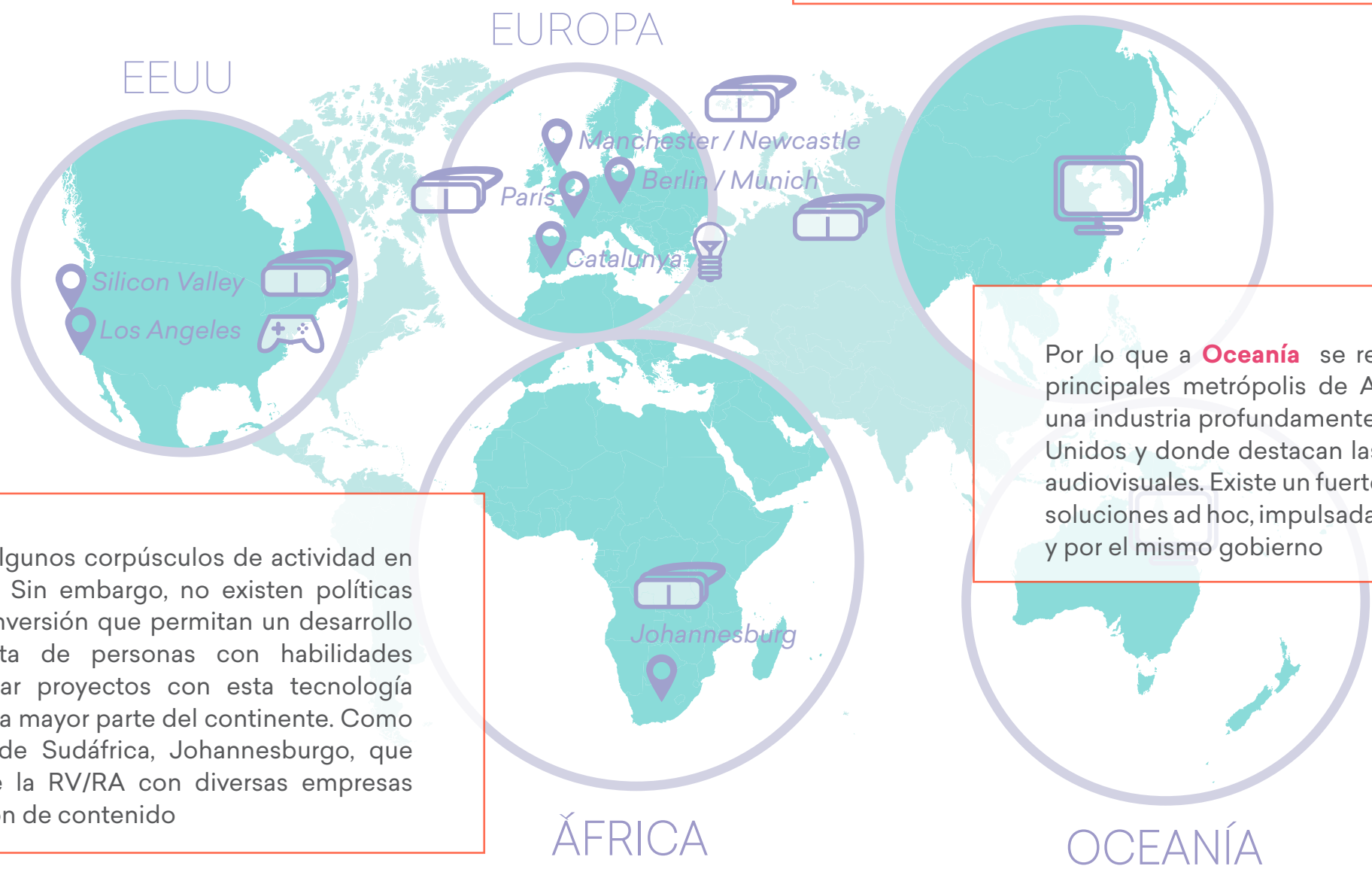


Los **Estados Unidos** de América tienen una clara posición de liderazgo en el mercado global de la RV/RA. La investigación y el desarrollo tanto de hardware como de software se centran en la región de Silicon Valley, donde radican empresas como Google, Apple o Facebook. Los grandes estudios de videojuegos establecidos en Los Ángeles son los principales productores de contenidos para RV/RA/RM que los exportan a escala global. En cuanto a la financiación, los Estados Unidos cuentan con fondos de capital riesgo especializados en RV y RA que fomentan la creación de nuevas empresas y soluciones. Contrasta con **América del Sur**, en la que hay mucha menos actividad. Se puede afirmar que no existen empresas referentes a escala global, pero existen algunos centros tecnológicos muy atomizados. En general, no existen subvenciones gubernamentales ni grandes fondos de inversión para la RV/RA.

En lo que a **Europa** se refiere, destaca la capacidad y la tradición investigadora de las universidades que destacan por el desarrollo de tecnologías de alta especificidad. La investigación suele centrarse en el desarrollo de tecnologías complejas orientadas a la industria en el ámbito de la salud, etc. En términos generales, en el ámbito de la RV/RA en Europa, destacan diversos estados miembros como concentradores de esta actividad investigadora: Francia, el Reino Unido, Alemania, Suecia o España (concretamente Barcelona) son los exponentes principales de esta actividad. En cualquier caso, las universidades europeas tienen integrada como dinámica de trabajo la generación de consorcios de investigación, en los que colaboran en proyectos internacionales financiados por fondos de investigación europeos.

En **África** se pueden encontrar algunos corpúsculos de actividad en RV/RA en países como Nigeria. Sin embargo, no existen políticas gubernamentales ni fondos de inversión que permitan un desarrollo de empresas correcto. La falta de personas con habilidades y conocimientos para desarrollar proyectos con esta tecnología también es un mal endémico en la mayor parte del continente. Como excepción, tenemos la capital de Sudáfrica, Johannesburgo, que presenta actividad alrededor de la RV/RA con diversas empresas y Hubs centrados en la producción de contenido

Por lo que a **Oceanía** se refiere, la actividad se concentra en las principales metrópolis de Australia y Nueva Zelanda. Se trata de una industria profundamente ligada a la Costa Oeste de los Estados Unidos y donde destacan las empresas de creación de contenidos audiovisuales. Existe un fuerte mercado local en el que se desarrollan soluciones ad hoc, impulsadas y financiadas por instituciones locales y por el mismo gobierno



Si nos fijamos en los países más destacados del continente europeo, podemos ver cuales son las instituciones y los ámbitos más relevantes en los distintos territorios según el informe del año 2017 (34).

En cuanto al **Reino Unido**, su capital se considera el nodo principal de la red de actividad en RV/RA. En general, el país cuenta con un entorno favorable para las start-ups y el desarrollo de proyectos en RV/RA. El acceso a fondos privados de financiación y la amplia cantidad de inversiones gubernamentales en innovación y tecnología favorecen el dinamismo del sector y propician un buen ritmo de creación de empresas y soluciones, también, en ciudades como Manchester o Newcastle.

Londres actúa como *Hub* de referencia a escala europea y dispone de fuertes conexiones con otros Hubs como Pekín (Asia) y Silicon Valley (Estados Unidos). Con este último se refuerzan los vínculos, ya que comparten idioma y un amplio historial de colaboraciones.

Las conexiones a escala europea son muy fuertes con Berlín, los Países Bajos y Francia, de los que reciben conocimiento técnico.

En **Francia**, las ciudades de París y Laval son referentes a escala europea y forman un fuerte nodo en el ecosistema de la RV/RA. Cabe destacar el desarrollo de aplicaciones como actividad principal en el entramado francés de la RV. La industria del diseño en 3D y las universidades y escuelas de prestigio en la materia han propiciado que el desarrollo de contenidos artísticos y visuales se convierta en su motor principal en esta industria.

Hace cerca de dos décadas que la ciudad de Laval acoge un evento de referencia en el mundo de la RV, denominado Laval Virtual, que transforma esta pequeña ciudad de la Francia occidental en la capital de la RV una vez al año. Este acto, además, ha propiciado la creación del Centro Virtual de Laval, un espacio estable para la creación y la investigación sobre esta tecnología.

Todos estos nodos y estructuras están reforzados a escala gubernamental con una serie de políticas que quieren favorecer los productos de alta calidad producidos en Francia tanto en el campo del *software* como el del *hardware*.

Alemania cuenta con diversos nodos en RV y RA bien distribuidos por el territorio. Su nodo principal se encuentra en Berlín. La capital, con su esencia de creación disruptiva, pone al servicio de la RV todo un ecosistema creativo que impulsa contenidos y aplicaciones innovadoras.

Al sur del país, encontramos una cultura manufacturera representada en la industria del automóvil, aeroespacial o biotecnológica. Estas grandes empresas son, a la vez, clientes potenciales para la industria de la RV/RA, a la cual piden soluciones para mejorar en sus procesos industriales o bien para complementar sus propios productos.

Por otro lado, la ciudad de Múnich aglutina una prolífica industria cinematográfica y de contenidos audiovisuales.

Además, Alemania dispone de un muy buen ritmo en la creación de *start-ups*. Sin embargo, su crecimiento a menudo queda frenado por una estructura empresarial muy consolidada que no permite que estas *start-ups* accedan al mercado que ya ocupan grandes corporaciones.

Las universidades y los centros de investigación siguen la misma línea que las empresas. Podemos observar que la Universidad Técnica de Múnich es referente en la aplicación de la RV para el diseño industrial. En lo que respecta a la región de Brandenburgo, la Universidad de Berlín o los clústers que operan están centrados en la búsqueda de novedades en cualquier ámbito, aunque actualmente destaca por la aplicación de la RV, principalmente, en el ámbito de las neurociencias.

En cuanto al Estado **español**, el principal activo se basa en la creatividad y las habilidades de sus profesionales. Los precios competitivos promueven una escena creativa en la que las *start-ups* encuentran en Barcelona un espacio propicio para experimentar y desarrollar nuevas soluciones en RV/RA. Como contrapartida, existen dificultades para captar subvenciones e inversores para desarrollar los proyectos en comparación con los países vecinos.

En Cataluña, destacan diversas instituciones especializadas en RV como EventLab, Barcelona RV, VR Centre Barcelona y Wayra. Las universidades del territorio y las empresas cuentan con diversos eventos relacionados con la RV/RA/RM, sea porque es la temática central del evento o porque indirectamente la RV y la RA tienen un espacio en su programación. Algunos de los actos o eventos más destacados son el Mobile World Congress, 4YFN, VR Thec, el Mercado 360°, RV y RA de Barcelona, Expolearning, Healthto y muchos otros que consolidan el uso de estas tecnologías en el territorio.



Aproximación al estado de la investigación en RV/RA a escala global

En lo que se refiere a la aplicación de la RV/RA en el mundo de la salud, todavía está sujeta a numerosas preguntas de investigación, tanto por la misma tecnología como por sus aplicaciones. Para objetivar la manera como se están comportando los centros de investigación a escala global y el comportamiento de la investigación en el ámbito de la salud alrededor de la RV/RA, en la FTSS se han realizado una serie de revisiones de la literatura científica que se pretenden abordar a continuación.

Tendencia de la investigación en RV/RA

Para conocer la tendencia en el uso de la RV en el campo de la salud, se ha realizado una búsqueda bibliográfica con una cadena concreta (*“Virtual Reality” AND “Health”*) que nos ha proporcionado una cierta aproximación, en número de publicaciones, al uso general y la investigación realizada de la RV en el ámbito de la salud. La búsqueda se ha llevado a cabo en el ámbito general utilizando el metabuscador Google Scholar y las bases de datos PubMed y Scielo, con los siguientes resultados de evolución en el número de publicaciones en los últimos años (figura AD):

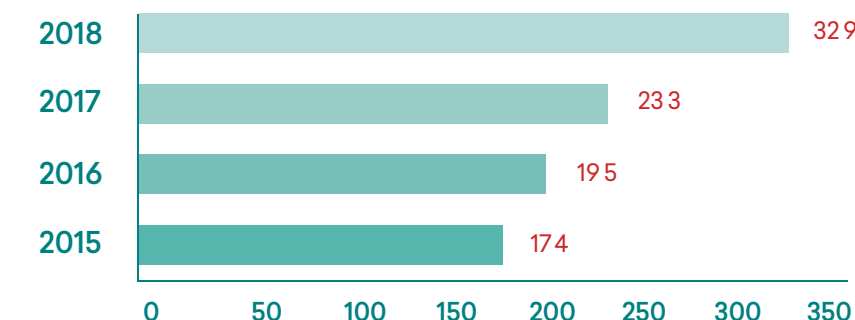


Figura AD. Número anual de publicaciones de RV en el ámbito de la salud (2015-2018)



Temáticas dónde se concentra la investigación

Para establecer cuales son las temáticas más relevantes en RV, se ha hecho una búsqueda en los mismos términos: “Virtual Reality” AND “Health”. En esta ocasión la revisión se ha circunscrito a la base de datos Pubmed y el rango de tiempo se ha reducido al año 2018. De las 342 publicaciones, un 27% se han excluido por no adecuarse a la materia de estudio. Después de un análisis más exhaustivo de estas publicaciones, es necesario apuntar que el 28% es de acceso abierto, mientras que el 71% restante opta por una licencia privativa. Hay que decir que el porcentaje de las licencias privativas está en consonancia con la media europea de publicación científica en formato open access, tal como apuntan desde el Observatorio Social “la Caixa” (52).

Como se puede observar en la figura 45, el tema más tratado en investigación sobre RV en salud ha sido el ámbito de la salud mental, seguido de las experiencias en entrenamiento de habilidades, las revisiones sistemáticas, la rehabilitación, la investigación en cognición y siete temas más que se han identificado. A continuación, se exponen las temáticas principales y algunos de los artículos que las representan y que se han seleccionado de la revisión (figura AE):

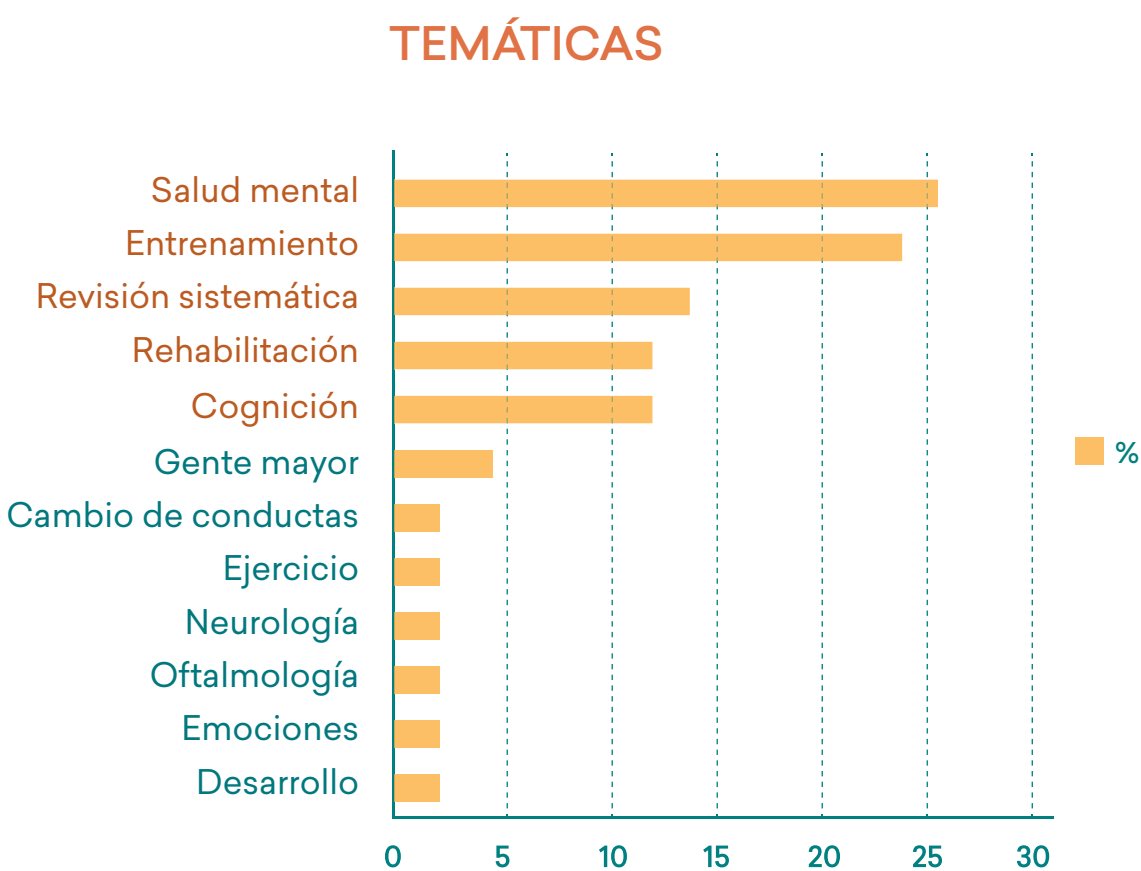


Figura AE. Temáticas detectadas en las publicaciones de RV (2015-2018)

Salud mental

En este tema encontramos espacio para el tratamiento de fobias (53) y psicopatías (54) y para trabajar las habilidades sociales (55), entre otros. Es una temática amplia que permite explotar la capacidad de la RV para construir realidades controladas en las que los pacientes se exponen a diferentes situaciones que simulan entornos reales.

Entrenamiento/Formación

En cuanto al entrenamiento de habilidades, existen algunos estudios que pretenden validar la RV como medio formativo. En este caso, existen dos líneas bien diferenciadas: el entrenamiento de habilidades para profesionales de la salud (56) y el entrenamiento de habilidades en las personas con alguna patología (57).

Revisión sistemática

No se puede considerar una temática de investigación como tal, pero creemos que es importante destacar el interés de la comunidad investigadora en la evidencia científica con respecto a la RV. Un ejemplo sería el interés de los investigadores de la Universidad de Bremen por conocer la evidencia de la RV en un ámbito de la cirugía (58). Otro ejemplo sería el interés de los investigadores de la Universidad de Katowice en lo referente a la aplicación de estándares de realidad virtual en programas de entrenamiento del equilibrio (59), entre otros.

Rehabilitación

La rehabilitación ha sido una de las temáticas más tratadas en lo que respecta a la simulación en los últimos años, y las aplicaciones en RV/RA no son una excepción. Un ensayo clínico del tipo Randomized Controlled Trial, realizado en la Universidad de Keimyung, de Corea, nos demuestra la efectividad de los sistemas 3D-ARS para mejorar el equilibrio en la vejez (60).

Cognición

En último lugar, cabe destacar, como temática muy recurrente en la aplicación de la RV, el campo de la cognición. Algunos estudios hacen referencia a la distracción como herramienta para disminuir el dolor o la ansiedad en personas que se someten a técnicas con frecuencia dolorosas o invasivas, o bien antes de una cirugía (61).

Publicaciones de RV/RA por países

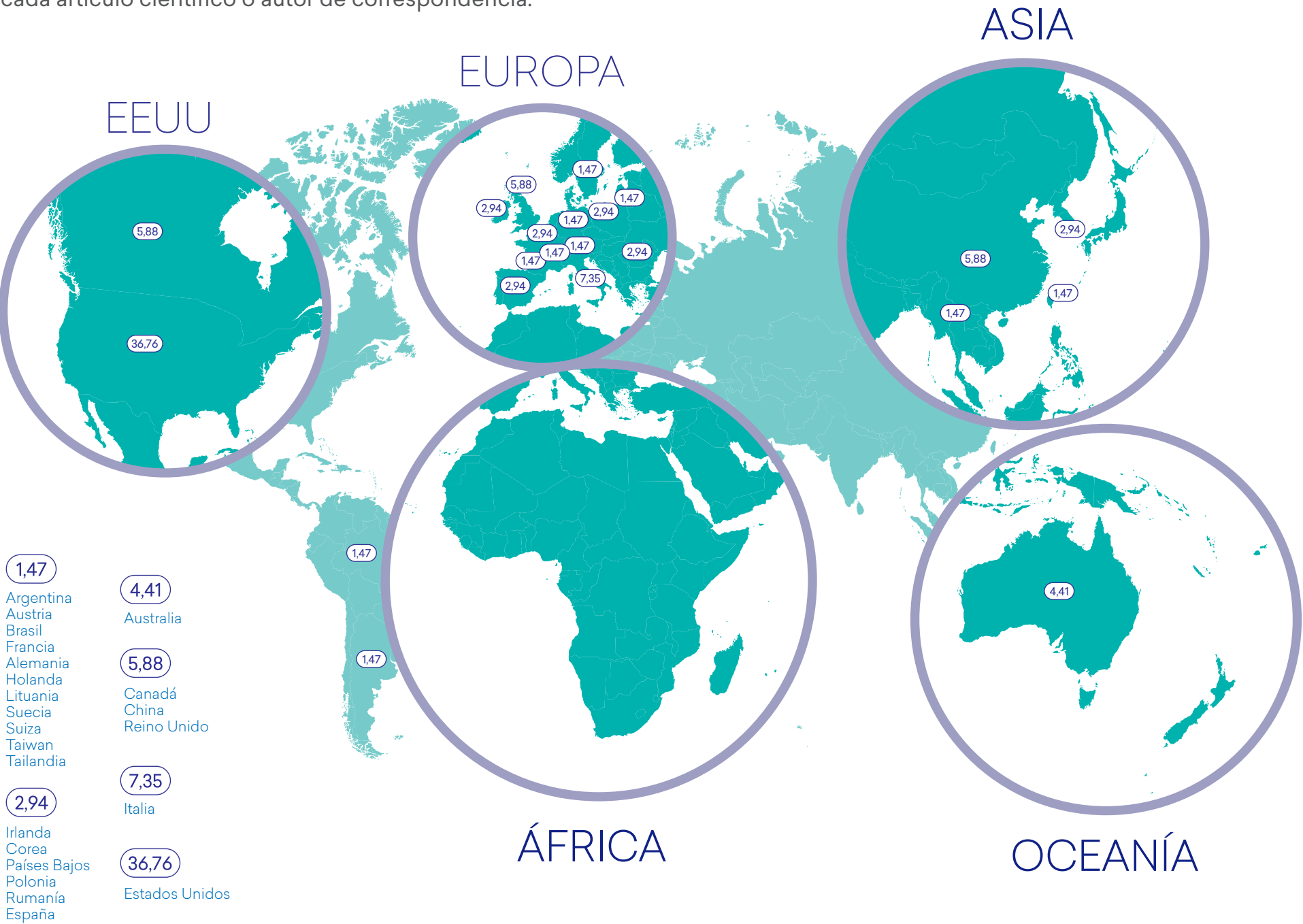
Para obtener una imagen de la investigación que se ha llevado a cabo en el mundo durante 2018, hemos analizado una parte significativa de estos artículos y hemos extraído algunas conclusiones que permiten establecer una comparación con la que corroborar lo que dicen las consultoras internacionales a las cuales se hace referencia a lo largo de este informe.

Para conseguir esta información, se ha utilizado la misma revisión de la literatura de 2018, dirigiendo el foco hacia el origen del investigador principal de cada artículo científico o autor de correspondencia.

Aproximación a la investigación en Cataluña

Por lo que a Cataluña se refiere y siguiendo la misma cadena de búsqueda (“Virtual Reality” AND “Health”) en una única base de datos, se puede observar que en los últimos tres años (2017-2019) la producción científica ha tratado principalmente las mismas temáticas que se han observado como tendencia en el resto del mundo. Hay que decir que las publicaciones que tienen como investigador principal a un miembro de una universidad catalana se han centrado mayoritariamente en las aplicaciones de la RV en la salud mental.

Podemos decir que la Universidad de Barcelona es la institución más productiva en RV, sobre todo en el ámbito de la salud mental. También encontramos otras instituciones, como la Universidad Autónoma de Barcelona, o programas/entidades como ICREA o EURECAT. Podría sorprender que Cataluña no tenga un impacto más notable en la investigación de las aplicaciones de la RV/RA en el ámbito de la salud. Tal como hemos visto en las anteriores fases del informe, Cataluña tiene una tradición de transferencia de conocimiento hacia el producto. Esto hace que buena parte del conocimiento generado lo utilicen directamente las empresas para generar soluciones dirigidas al mercado y que no sean recogidas en forma de publicaciones científicas todas las innovaciones que se están llevando a cabo en el territorio, o bien que, por políticas de propiedad intelectual (patentes, registros...), la opción de publicar no sea la más idónea para el grupo de investigación que realiza el proyecto en cuestión.



6.2 Empresas o instituciones destacadas en salud

La RV/RA/RM se engloba en un ecosistema de empresas y/o instituciones que crean soluciones técnicas, programas informáticos y aplicaciones destinadas a la tecnología. Las figuras que se muestran a continuación se agrupan en diferentes ámbitos, por tipologías de empresas/instituciones con presencia en Cataluña en tecnologías de la salud que hay actualmente en el mundo y que desarrollan contenido en RV. Esta selección se ha extraído de la base de datos del Observatorio de la Fundació TIC Salut Social.

Cabe señalar que puede ser que algunas empresas no queden recogidas en esta selección. Asimismo, las que se presentan pueden disponer de más ámbitos de aplicación de los que se citan.



SALUD MENTAL / TERAPIAS

Incluye proyectos que tratan la superación de ansiedades y fobias o la disminución del estrés, así como terapias de RV para combatir trastornos de salud mental.

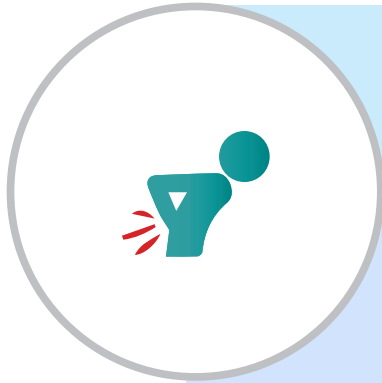
Psious	Virtual Bodyworks
Limbox	Zenmness
Humantiks	Eurecat



REHABILITACIÓN

Incluye proyectos que proponen el uso de la RV para la rehabilitación de pacientes, ya sean rehabilitaciones de fracturas, neurocognitivas, ictus, postoperatorias u otras patologías asociadas.

Visyon
Virtual Bodyworks



TRATAMIENTO DEL DOLOR

Incluye proyectos que proponen utilizar técnicas de distracción con RV para disminuir el dolor del paciente.

Virtual Bodyworks

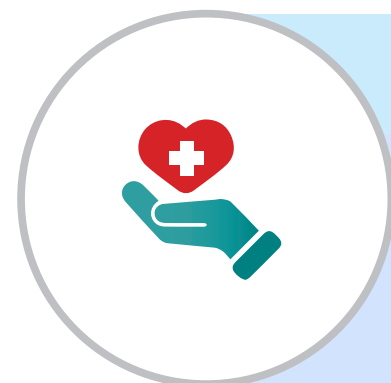


IMAGEN 3D

Incluye proyectos que utilizan la RV para reconstruir en 3D imágenes de diversas modalidades como tomografía computarizada (TC), tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), angiografía 3D o resonancia magnética (RM). Estas representaciones en 3D permiten, por ejemplo, dar apoyo al diagnóstico o mejorar la planificación de una intervención quirúrgica.

TedCas
ELEM Biotech
Alma



ENSEÑANZA/ FORMACIÓN

Incluye proyectos que proponen ofrecer experiencias o actividades interactivas en RV para formar profesionales.

AIS Channel
Humantiks
Zennness
TedCas



CIRUGÍA

Incluye proyectos que utilizan visores de RV, RA o RM para mejorar los procedimientos de intervención con visualización holográfica en tiempo real.

AIS Channel
TedCas
Plain concepts
Eurecat



TRATAMIENTO DE LA VISTA

Incluye proyectos de RV/RA/RM que permiten tratar trastornos físicos, como trastornos de la vista.

Biel Glasses
Vivid vision
WIVI
Eurecat

6.3 Proyectos catalanes identificados en el observatorio de la FTSS

Muchas de las entidades proveedoras de salud del territorio correspondientes al SISCAT (Sistema Sanitario Público Catalán) están trabajando en proyectos relacionados con la tecnología de la RV, la RA y la RM. A través de nuestro Observatorio de la FTSS, a partir del año 2018 se empezó a recopilar información referente a esta tecnología. A continuación se muestran los centros sanitarios que ya están haciendo investigación, proyectos o pilotos, clasificados en cinco ámbitos de aplicación.

Cabe señalar que los centros pueden haber ido ampliando los ámbitos de aplicación y también que otros centros del SISCAT dispongan de proyectos en RV pero que no estén indicados en esta selección.

SALUD MENTAL

Ansiedad, estrés, fobias, trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), trastorno de conducta alimentaria (TCA) y pediatría, entre otras.

- Consorci Sanitari Integral
- Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
- Hospital Universitari Vall d'Hebron
- Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques
- Hospital Clínic de Barcelona
- Badalona Serveis Assistencials
- Consorci Hospitalari de Vic
- Althaia Xarxa Assistencial Universitària de Manresa
- Hospital Universitari Mútua de Terrassa
- Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona
- Institut d'Assistència Sanitària
- Consorci Sanitari del Maresme
- Hospital Sagrat Cor de Martorell

REHABILITACIÓN

Ictus, extremidades superiores, neurocognitiva precoz en cuidados intensivos, evaluación cognitiva, pediatría, enfermedades neurológicas y postoperatorios, entre otros.

- Consorci Sanitari Integral
- Hospital Universitari Vall d'Hebron
- Hospital Clínic de Barcelona
- Institut Guttmann
- Hospital Universitari Mútua de Terrassa
- Corporació Sanitària Parc Taulí

DISTRACCIÓN

Cirugía ortopédica, traumatología, precirugía, dolor, pediatría, alergias, radiología y relajación, entre otros.

- Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
- Hospital Universitari Vall d'Hebron
- Hospital Clínic de Barcelona
- Hospital General de Granollers
- Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona
- Corporació Sanitària Parc Taulí

FORMACIÓN

Cirugía, broncoscopia virtual y training, entre otros.

- Hospital Universitari Vall d'Hebron
- Hospital Universitari Germans Trias
- Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona
- Hospital Clínic de Barcelona
- Hospital Universitari Mútua de Terrassa

CONSTRUCCIÓN

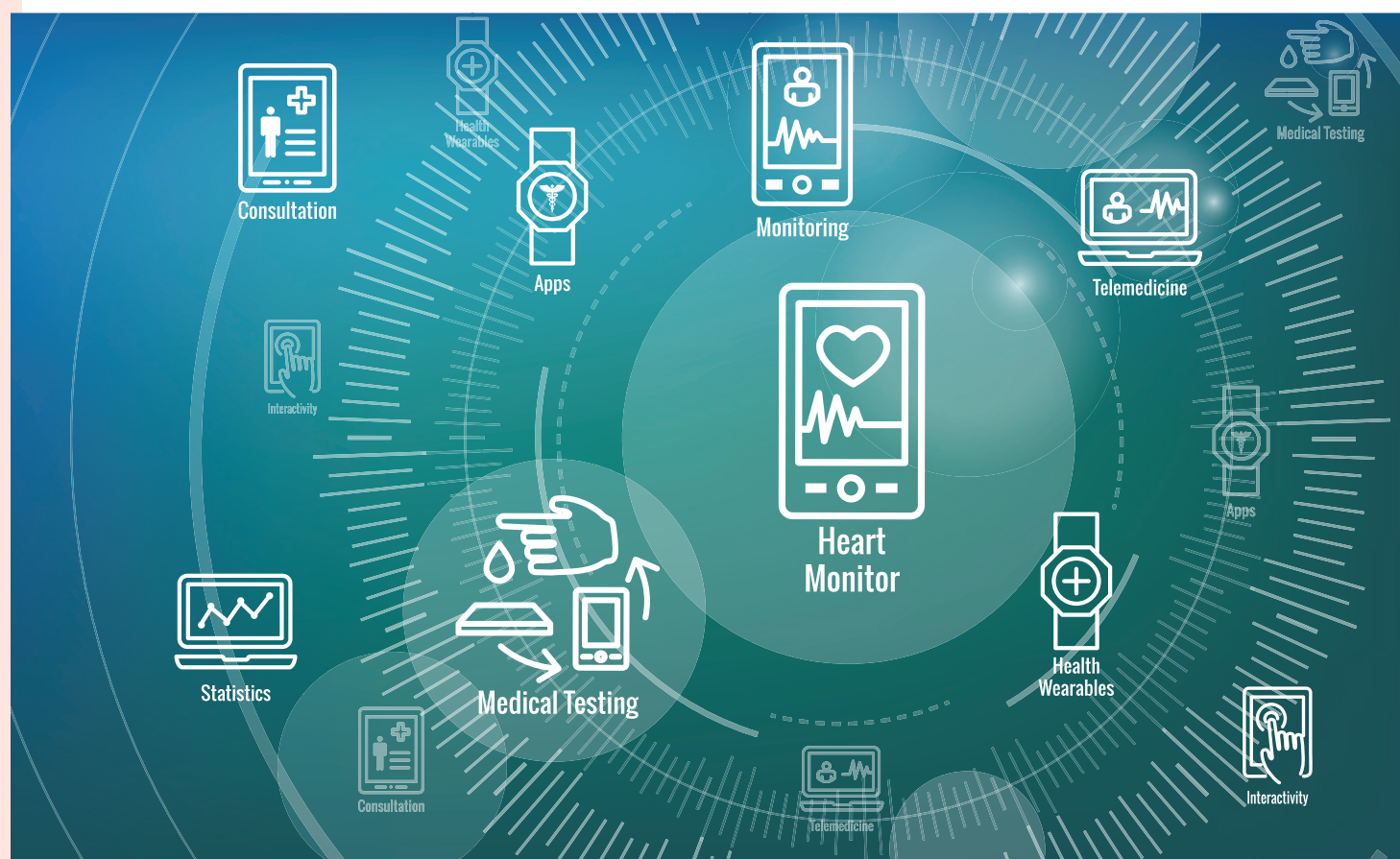
Asistencia en el diseño de instalaciones sanitarias.

- Hospital Clínic de Barcelona

7. ASPECTOS CLAVE PARA INICIAR UN PROYECTO EN RV/RA/RM EN SALUD

Cuando se quiere iniciar un proyecto en el cual se quiere utilizar dispositivos de RV/RA/RM, es importante tener en cuenta varios elementos clave que pueden determinar su éxito o fracaso.

No se pretende, con este apartado, indicar todos los aspectos clave que hay que tener en cuenta cuando se inicia un proyecto, que pueden ser comunes a otros tipos de proyectos relacionados (o no) con otras tecnologías, sino destacar los aspectos concretos que esta tecnología puede implicar.



7.1 Detección de necesidades y mejora de procesos

De forma similar a lo que sucede en la mayoría de nuevos proyectos en los que se quiere implantar una solución, cuando se quiere iniciar un proyecto de RV/RA/RM hay que tener bien identificados los motivos por los cuales el uso de esta tecnología reportará beneficios al usuario. Asimismo, es necesario cuestionarse cuales son las necesidades que se quieren cubrir con esta tecnología y cuales son los procesos que se pueden mejorar o complementar:

Cinco procesos principales en la atención en salud (62):



Proceso 1: prevención y bienestar. Es sabido que, para favorecer la prevención de la salud, hay que hacer ejercicio moderado, seguir una dieta equilibrada y no tener adicciones tóxicas (fumar, drogas, etc.). No obstante, aunque se pudiera disponer de la mejor atención hospitalaria hacia la población, este hecho no tendría el impacto esperado si el proceso previo de la prevención en salud no se llevara a cabo de manera adecuada. A la vez, justo es decir que también es necesario que el sistema de salud se implique en la prevención de futuras enfermedades de los ciudadanos. Algunos proyectos trabajan, por ejemplo, en el diseño de aplicaciones de (RA) para la prevención de la obesidad infantil (63).

Proceso 2: detección de problemas de salud. Es necesaria una actitud proactiva de los ciudadanos para que los sistemas de salud puedan ayudar a solucionar los problemas de salud, y estos sistemas, por su parte, también deber ser proactivos en la divulgación de sus mensajes entre la población. Así, por ejemplo, el screening del cáncer de mama (mamografía) permite la detección de tumores pequeños o profundos no palpables; si éstos se desarrollan sin tratarlos, las fases siguientes de diagnóstico y tratamiento serían de muy poca ayuda. En esta línea, se han desarrollado proyectos interesantes de RV para el estudio del cáncer de mama (64); la tecnología de RV nos permite navegar a través de las células tumorales y ver su evolución.

Proceso 3: diagnóstico de enfermedades. El diagnóstico médico se establece a partir de la identificación de síntomas, signos y hallazgos de exploraciones complementarias; este procedimiento es necesario para poner en marcha el siguiente proceso de tratamiento. Cabe destacar que en salud hay pocas acciones menos coste-efectivas que obtener un diagnóstico equivocado, y que asimismo el tiempo que se tarda en conseguir un diagnóstico adecuado a menudo es crítico para la vida del paciente o las secuelas que de ello pueden derivar. En cuanto a la situación del Alzheimer, el uso de la RV puede ser útil en la detección de deficiencias cognitivas producidas por la edad y la enfermedad en concreto (65).

Proceso 4: tratamiento de enfermedades. Desde la perspectiva del paciente empoderado, se pide al profesional de la salud que trate los pacientes y los cuidadores como colaboradores iguales, y al mismo tiempo, respete y aprenda acerca de sus objetivos, valores y preferencias. Asimismo, el paciente empoderado quiere jugar un rol activo en “el equipo de cuidados”, ya sea como paciente o como cuidador, solicitar apoyo a otros cuidadores cuando se da el caso y cuidarse para poder cuidar a los demás. Las herramientas de RV se pueden convertir en un atractivo instrumento de aprendizaje que los pacientes perciban como beneficioso para ayudar a comprender su estado de salud y mejorar su estado de ánimo; por ejemplo, durante las sesiones de tratamiento del paciente con quimioterapia (66).

Proceso 5: proporcionar un buen final de vida. En una sociedad en la que las personas cada vez vivimos más años, a menudo, la muerte no es una consecuencia directa del envejecimiento, sino que sobreviene por alguna enfermedad asociada. Los avances científicos en este ámbito están siendo exponenciales y permiten que empecemos a preguntarnos si algún día, de la mano de las nuevas tecnologías, podremos revertir un proceso que hasta ahora se ha considerado inevitable. De este modo, por ejemplo, en el caso de los cuidados paliativos en cáncer, la RV puede dar una respuesta más humanizadora a necesidades y preocupaciones de tipo físico, psicosocial y espiritual (67).

Adopción de nuevos procesos y generación de crecimiento en realidad virtual:

La innovación tecnológica y la adopción de nuevos procesos en cualquier ámbito puede generar reticencias, motivo por el cual se deben promover acciones que faciliten e incentiven la gestión del cambio. Puesto que las personas aprendemos de forma diferente, se recomienda llevar a cabo diferentes tipos de acciones como, por ejemplo, organizar un grupo de interés clínico liderado y formado por clínicos interesados en la materia que debatan sobre el estado de la técnica en RV/RA/RM y que pongan en común aplicaciones y proyectos potenciales; organizar encuentros o sesiones dirigidas a educar a la población asistencial sobre los beneficios de la RV/RA/RM, o organizar sesiones de trabajo orientadas a aspectos prácticos de la RV/RA/RM. Todo, con el objetivo de promover la creación de proyectos asistenciales.



7.2 ¿A quién va dirigido?

Actualmente podemos decir que principalmente hay dos públicos o tipologías de usuarios claramente diferenciados en cuanto a los productos derivados de la RV/RA en el sector de la salud.

En primer lugar, están **las personas usuarias** del sistema de salud que se pueden beneficiar con un uso terapéutico, y, por otro lado, **los profesionales de la salud** que pueden utilizar esta tecnología como una herramienta de mejora en la práctica clínica.

En cualquiera de los dos casos, se debe tener en cuenta que estamos ante una tecnología que todavía no es madura y, por este motivo, requiere nuevas formas de interacción que todavía no cuentan con estándares que las definan. Cada dispositivo y cada aplicación de RV/RA aplica sus propias soluciones y, por lo tanto, difieren una de la otra. A pesar de la curva de aprendizaje necesaria, la propia inmersión hace que el aprendizaje sea rápido. En cualquier caso, las experiencias previas de los usuarios en el manejo de las tecnologías puede influir en la rapidez del aprendizaje de la solución. Por este motivo, es importante conocer el perfil del usuario al cual nos dirigimos.

Con el fin de conocer el perfil del usuario, se deben tener en cuenta tres conceptos importantes:

Características demográficas:

edad, lugar de residencia, profesión, especialidad...

Lista de comportamientos habituales: hábitos de consumo de tecnología, uso de videojuegos, consumo de formaciones en línea...

Objetivos, necesidades y creencias personales: creencias acerca de la tecnología, tiempo dedicado a formación, tiempo dedicado a aprender cosas nuevas...



Se deben complementar estos datos con otros que sean relevantes para cada proyecto, y se deberían tener en cuenta para adecuar el uso de la tecnología a la tipología de usuarios que formarán parte de nuestro proyecto.

Para recopilar toda esta información se puede utilizar una herramienta de *Desing Thinking* denominada Customer Journey Map (CJM):

Costumer Journey Map

Definir el viaje del usuario ayudará a comprender su experiencia en cada paso del camino/proceso, desde el principio hasta el final. Además, ayudará a identificar el ecosistema implicado en todo el proceso y todos los actores y definirá sus roles.

Analizando los diferentes procesos, se identificarán oportunidades de mejora que podrán ser abordadas diseñando una estrategia de transformación.

La metodología que se utiliza para llevar a cabo un CJM se basa, principalmente, en grupos focales y en grupos de interés y un análisis del contexto sanitario. De acuerdo con los resultados de los grupos y de las actividades de análisis realizadas, se definirá el recorrido del usuario de manera detallada.

7.3 Qué tipos de dispositivos se necesitan

El dispositivo que se utilizará estará determinado por el tipo de proyecto que se quiera realizar, las necesidades que se quieran cubrir y el usuario final que experimentará la aplicación.

En primer lugar, se decidirá si es necesario proporcionar un dispositivo de RV/RA/RM, en función de si se quiere hacer un proyecto totalmente inmersivo para el usuario (RV), si se quiere que el usuario interactúe con elementos digitales superpuestos a objetos reales en el entorno que le rodea a través de un smartphone o tableta táctil (RA), o si se quiere que esta interacción con elementos digitales sea más compleja y avanzada incorporando el uso de gafas de RM. También influye si se quiere que el resultado final sea fácilmente portable, es decir, si el usuario debe poder experimentar con la aplicación en cualquier sitio (por ejemplo, en su casa), o si el proyecto está pensado para ser utilizado en un lugar fijo (por ejemplo, en una sala de cirugía de un hospital).

Realidad Virtual

En el caso de que se necesite un dispositivo de RV, es importante decidir si el proyecto se quiere desarrollar para *smartphones* o no, teniendo en cuenta las peculiaridades que este formato ofrece. Si, por ejemplo, se tiene claro que lo que se quiere ofrecer al usuario es reproducir vídeo 360²², con unas gafas de RV para smartphones ya será suficiente.

Si se trata de un proyecto de RV que debe generar escenarios en 3D, el uso de la RV para *smartphones* ofrece una serie de ventajas, como la portabilidad, la posibilidad de llegar a un público mucho más amplio (son muchas las personas que disponen de un *smartphone* de gama media o alta que cumple los requisitos mínimos de la aplicación de RV) y el precio (las gafas de RV para smartphones son más económicas, ya que no necesitan incorporar una pantalla ni hardware para reproducir el contenido de la aplicación; el mismo smartphone sirve como pantalla).

Sin embargo, también tiene sus inconvenientes, como las limitaciones del mismo hardware de los *smartphones*, que suele ser menos potente que una torre de ordenador o un portátil y, por consiguiente, la complejidad del entorno virtual que se quiera representar por pantalla estará limitada a estas características. Además, las aplicaciones de RV para *smartphone* no ofrecen tanta libertad de movimiento al usuario como lo hacen las gafas de RV más sofisticadas como los modelos Oculus Rift S o Vive Cosmos. Aunque necesiten conectarse a un PC, gracias a sus cámaras, sensores y controladores pueden detectar con precisión los movimientos de los brazos y de los dedos, así como el desplazamiento del mismo usuario en una sala.

Experiencias parecidas a estas son las que pueden ofrecer otras gafas de realidad virtual como las Oculus GO o las Mirage Solo de Lenovo, que ofrecen las mismas ventajas que las gafas de RV para *smartphones*, con la principal diferencia que son totalmente autónomas y no necesitan *smartphones* para funcionar.

Si, por otro lado, se quiere ofrecer una experiencia de RV más inmersiva, que permita generar unos gráficos²³ más elaborados y complejos que puedan detectar el desplazamiento del usuario y disponga de controladores para facilitar una interactividad de calidad, se deberán utilizar gafas de RV más sofisticadas, habitualmente conectadas a un PC o a un portátil.



22. Un vídeo 360 es una reproducción que ha sido grabada con una cámara especial que permite grabar vídeo en 360°. Posteriormente, el vídeo 360 se puede reproducir en gafas de RV que en soporten el formato.

23. Entendiendo "gráficos" de una aplicación como "el entorno visual generado por computadora que se reproduce por pantalla".

Realidad Aumentada y Realidad Mixta

Si lo que se pretende es que el usuario/a pueda experimentar con elementos digitales superpuestos en el entorno real que rodea al propio usuario/a, entonces debe plantearse como se quiere que sea esta interacción.

Si se quiere que el usuario/a interaccione con sus dedos manipulando una pantalla, como puede ser la de un *smartphone* o una tableta táctil, entonces queda claro que no se necesita ningún tipo de gafa específica, sino simplemente el propio dispositivo móvil (*smartphone* o tableta táctil). Realizar una aplicación de RA, de todos modos, ofrece las mismas ventajas que las mencionadas en el apartado anterior cuando se trata de una aplicación de RV para *smartphones*: la portabilidad, la posibilidad de llegar a un público mucho más amplio y la no necesidad de invertir en un dispositivo específico. Si por otro lado, lo que se quiere es que el usuario/usuario pueda tener las manos libres, entonces sí que será necesario utilizar unas gafas de RA como las Google Glass o bien de RM como el modelo HoloLens 2, estas últimas permiten la generación e interacción con hologramas en 3D.

Este tipo de gafas, completamente autónomas, permiten que la interacción del usuario/a con los elementos digitales pueda ser a través de la voz o con gestos de las manos. Pero por otro lado, estos tipos de dispositivos tienen un precio más elevado, y en consecuencia no son dispositivos que se suelen distribuir en masa a los usuarios finales, sino que están más pensados para disponer de pocas unidades y utilizarlas en lugares específicos de trabajo.

7.4 Recursos humanos, técnicos y presupuesto

El presupuesto que se necesita, como en cualquier proyecto, depende de su complejidad. Concretamente, en un proyecto de RV/RA/RM, afectan principalmente tres factores: el *software*, el *hardware* y los conocimientos técnicos para crear los contenidos.

Por *software* nos referimos a los programas informáticos necesarios para editar y producir los contenidos en formato RV/RA/RM. Estos *software* o programas informáticos habitualmente se contratan mediante licencias anuales; otra opción es el programa informático libre de licencias, más conocido como open source, que es gratuito.

Por *hardware* nos referimos a los dispositivos que se necesiten para generar y editar el contenido hasta la obtención de la pieza: cámara, ordenador y dispositivo de reproducción como gafas de RV.

Por último, nos referimos a los conocimientos técnicos como el valor intangible que ofrece un profesional formado y con conocimientos técnicos en el ámbito audiovisual.

En el caso de la RV, hay que diferenciar si se trata de un vídeo inmersivo reproducido en 360° y soportado por una aplicación desarrollada en 3D y reproducida, generalmente, en un *smartphone*. En este caso, los costes a considerar son los siguientes: En el caso de la RV, hay que diferenciar si se trata de un vídeo inmersivo reproducido en 360° y soportado por una aplicación desarrollada en 3D y reproducida, generalmente, en un *smartphone*. En este caso, los costes a considerar son los siguientes:

Adquisición de una cámara 360

Las más económicas tienen un precio de mercado de aproximadamente 50 €. El precio puede variar en función de la marca, el modelo y las características. Hay opciones con precios más elevados que pueden superar los 1 000 € pero, para poder contar con una cámara que ofrezca prestaciones y resultados con un estándar de calidad deseable, la inversión deberá situarse alrededor de los 500 €.



Edición y postproducción del metraje

En este caso, el coste dependerá de la disponibilidad de un ordenador con componentes o *hardware* preparado para gestionar imágenes de alta calidad y/o 3D. También se deberán tener en cuenta las licencias de *software* correspondientes para realizar esta tarea. El coste aproximado de un ordenador capacitado para la edición y postproducción de imágenes de alta calidad en 360° y/o 3D, junto con las licencias del *software* actualizadas, es de 3 500 €, aproximadamente. Para esta fase, se recomienda contar con un profesional de audiovisuales puesto que no todo el mundo dispone de los conocimientos necesarios y las herramientas para afrontar esta fase de trabajo.

El coste total estimado para poder afrontar la producción de contenidos inmersivos en 360° y/o 3D oscila entre los 4 000 y los 5 000 €.

Adquisición de unas gafas de RV

Como se ha expuesto anteriormente en el apartado 5, el mercado ofrece diferentes posibilidades ajustadas a las necesidades específicas de cada comprador. La obtención de este dispositivo es recomendable para poder disfrutar de una experiencia inmersiva en todas sus dimensiones y ventajas.

Antes de afrontar una inversión inicial aproximada de 5 000 € (IVA excluido), se recomienda planificar el volumen de piezas inmersivas en 360° que se quiere producir. Un vez hecha la inversión, el único coste adicional que se debe considerar es la renovación anual de las licencias de software para edición y postproducción. Se trataría de un paquete de cinco programas de edición audiovisual y de diseño gráfico valorado en 360 €.

Finalmente, otro aspecto que se debe someter a consideración es la disponibilidad de un profesional con conocimientos y formación técnica en el ámbito audiovisual. El valor intangible de esta figura resulta difícil de valorar en términos monetarios.

Teniendo en cuenta los aspectos planteados, una opción óptima en la producción de contenidos es la subcontratación completa del servicio de producción (rodaje, edición y postproducción). De esta forma no se debería hacer ninguna inversión en la adquisición de fungibles. La ejecución del servicio por parte de profesionales cualificados garantiza que las imágenes grabadas y la postproducción posterior presentarán resultados de calidad.



El coste de la subcontratación, nuevamente, variará en función de las características del producto esperado. A modo de ejemplo, una pieza audiovisual grabada en 360° con una duración aproximada de 3 minutos puede suponer un coste aproximado de 3 000 € (IVA excluido). En un presupuesto de estas características, pueden destacar los conceptos siguientes: la fase de rodaje (conceptualización creativa, preproducción, guión técnico, equipo técnico y material de rodaje) y la fase de postproducción (edición, etanolaje, grafismo, render y supervisión del proyecto).

En caso de no estar ante la creación de una pieza audiovisual estrictamente en 3D y reproducible en dispositivos de realidad virtual (aplicable también a RA y RM), los recursos necesarios y los aspectos que hay que tener en cuenta varían sustancialmente, sobre todo dependiendo de la complejidad buscada. Los principales factores que influyen en la complejidad de la pieza final son los siguientes:

Elementos gráficos

Cantidad de escenarios y objetos que hay que recrear. Las tareas que se deben tener en cuenta son la conceptualización, el diseño, el modelaje y la texturización en 3D. Si fuera necesario, también se debe considerar la creación de animaciones para los objetos.

Personajes

Cantidad de protagonistas (si se da el caso) que hay que recrear. Nuevamente, diseño, modelaje, texturización²⁴ y animación.²⁵

Banda sonora y audio

Creación/incorporación de audio, así como de melodías, si es necesario. Tanto en este caso como en los dos anteriores, hay librerías con modelos, texturas y sonidos que se pueden encontrar en Internet. Pueden ser gratuitas y libres de derechos de autor o de pago, útiles para agilizar y facilitar el proceso de desarrollo de la aplicación.

Hay que tener en cuenta que el uso de recursos con licencias libres de derechos de autor abarata el proceso creativo pero imposibilita la obtención un producto personalizado. Por lo tanto, la aplicación tendrá menos impacto positivo en el usuario.

24. Por texturizar se entiende la acción de «pintar» los objetos 3D, sea con colores simples o con imágenes 2D para cubrir y simular una madera, piedra, metal, etc... Así como otro tipo de imágenes, como fotografías o patrones de diferentes estilos (85).

25. Por animar la acción se entiende dotar de movimiento a objetos o personajes en 2D o 3D.

Interactividad

Programación de todos los elementos necesarios que permiten al usuario interactuar con el entorno, con menús y otras opciones de navegación. Hay diversas herramientas para programar aplicaciones en 3D. CryEngine, Unreal Engine y Unity (figura AF) son las más populares (68).

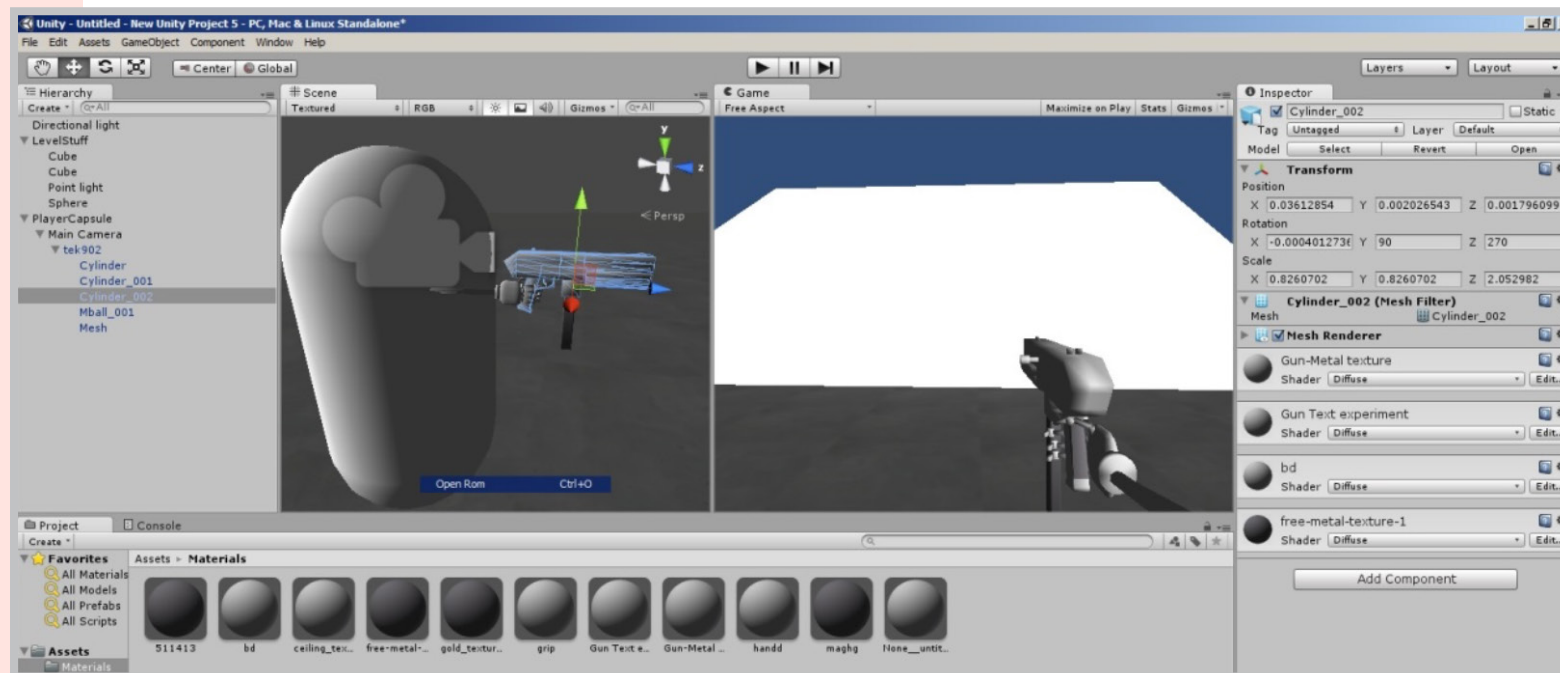


Figura AF. Eina Unity

Tiempo

Duración estimada de la interacción usuario-aplicación. Puede ser el tiempo que el usuario medio necesita para completar la interacción con la aplicación entendida como tareas o acciones sugeridas (en el caso de que haya un orden de acontecimientos con inicio, desarrollo y final, como en el caso de los videojuegos arcade) o el tiempo necesario para explorar todas las funciones que ofrece.

Cuanto más tiempo se requiera para completar las acciones, más complejo será el desarrollo de la aplicación y, por lo tanto, se necesitarán más recursos. Es importante que la duración de la aplicación se diseñe en sintonía con la variedad de propuestas que puede ofrecer para que no sea repetitiva para el usuario, mantenga el interés y evite el aburrimiento.

Plataformas, dispositivos y sistemas operativos

La plataforma y el dispositivo en los que se quiere reproducir el contenido es una de las primeras decisiones que se deben tomar al iniciar el proyecto. Si se quiere hacer para smartphones, se debe decidir el sistema operativo (Android, iOS o ambos); también habrá que valorar el uso de dispositivos como tabletas táctiles, especialmente en los casos de aplicaciones en RA.

Desarrollar para dispositivos más sofisticados, como las Vive Focus, Oculus Rift S o HoloLens 2, no implica necesariamente que la complejidad de la aplicación aumente respecto a una aplicación para smartphones. No obstante, es habitual invertir más recursos para aprovechar las posibilidades que estos dispositivos ofrecen; más libertad de movimiento, más potencia gráfica o controladores de detección de movimientos precisos. Además, los precios de estos últimos dispositivos²⁶ pueden ser más elevados que un Smartphone de gama media, especialmente en lo referente a las gafas de realidad mixta como las HoloLens 2 de Microsoft.

En relación con los dispositivos y el tipo de usuario a quien vayan dirigidos, es importante, también, tener en cuenta cómo se quiere hacer llegar la aplicación de RV/RA/RM al cliente, paciente o usuario final:

- ¿Qué coste tienen estos dispositivos?
- ¿Se han de proporcionar las gafas u otros dispositivos al usuario con la aplicación?
- ¿Se pueden reaprovechar los dispositivos entre los usuarios?
- ¿En caso de que los dispositivos los hayan de adquirir los usuarios, tienen un precio de mercado razonable?
- En caso de que el uso de la aplicación se deba realizar en un lugar concreto de un centro, ¿qué infraestructuras son necesarias?
- ¿Es necesario adaptar el entorno para poder ofrecer conexión a Internet?
- ¿Es necesaria una sala específica para poder instalar unas gafas de RV con los sensores y PC?

26. Ver apartado 5. Dispositivos RV/RA/RM (hardware).

7.5 Seguridad y mantenimiento

En términos de seguridad, existen varios aspectos generales que se deben tener en cuenta en el momento de incluir nuevas tecnologías emergentes como la RV/RA/RM en los centros de salud.

7.5.1 Seguridad de los datos

Los datos que se deriven de la utilización de esta tecnología han de estar debidamente protegidos. Por tanto, todos los centros deben cumplir con la Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales, publicada en el Boletín Oficial del Estado núm. 294, el día 6 de diciembre de 2018. Así se podrá cumplir con el reglamento y ofrecer una protección óptima de los datos que se deriven de los estudios, pilotos, etc. en los que se utilicen tecnologías como la RV/RA/RM.

Por otro lado, todos los estudios y proyectos que utilicen nuevas tecnologías emergentes y traten datos de pacientes deberán ser aprobados previamente por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) de cada centro correspondiente. También, si es el caso, se debe proporcionar al paciente un consentimiento informado en el que se expliquen los riesgos de privacidad y seguridad a los que quedará expuesto.



7.5.2 Seguridad para los usuarios y profesionales

Antes de iniciar una sesión clínica con RV/RA/RM, el usuario/paciente y el profesional asistencial deberán estar informados sobre los efectos y los riesgos que pueden tener manipulando este tipo de dispositivos.

Por lo que se refiere al usuario que recibe la sesión, este puede experimentar, principalmente, mareos, desorientación, náuseas, dolor de cabeza/oídos (si hay sonido) o fatiga ocular. En caso de manifestar alguno de estos síntomas, es necesario suspender la sesión inmediatamente. También es recomendable que el usuario reciba una evaluación previa a la intervención para evaluar su compatibilidad con el dispositivo y adaptarlo a sus necesidades.

El profesional asistencial que manipule el dispositivo deberá seguir siempre las indicaciones del fabricante de las gafas. También es recomendable que asista a una formación técnica previa, para evitar, por ejemplo, daños con la manipulación del objeto tanto en él como en el usuario. Además, es recomendable una vigilancia constante durante el transcurso de la sesión con el usuario para evitar caídas, golpes o lesiones y respetar los tiempos recomendados de usabilidad del dispositivo. En caso de utilizar la tecnología en cirugía, es necesario seguir minuciosamente las normas de seguridad establecidas por el fabricante del dispositivo.

Cabe destacar que se deben habilitar espacios seguros en los centros cuando se utiliza esta tecnología y garantizar que no existen obstáculos durante la sesión, para evitar accidentes a causa de la inmersión ficticia a la que el usuario está expuesto en ese momento. Durante el transcurso de la sesión, el usuario no es del todo consciente de la realidad que le rodea.

Además, todos los centros de salud disponen de sus políticas internas de seguridad. En caso de utilizar dispositivos RV/RA/RM, es recomendable disponer de protocolos de actuación ante posibles fallos para detectar errores automáticamente y generar avisos a los profesionales que estén manipulando la herramienta, con el objetivo de evitar accidentes y que los resultados de las sesiones queden alterados.

Al mismo tiempo, es necesario considerar la importancia que todos los departamentos de los centros de salud estén coordinados para garantizar la máxima seguridad en el uso y la implantación de las nuevas tecnologías en los centros.

Otro aspecto que se debe considerar es el mantenimiento en términos de esterilización e higiene de los dispositivos que es necesario realizar para garantizar la seguridad de los usuarios y los profesionales que los manipulan. Normalmente, todos los dispositivos van acompañados de un kit de higiene. Se recomienda seguir el proceso de esterilización e higiene con las indicaciones de los fabricantes para no dañar el aparato en el momento de higienizarlo. También existen empresas que se dedican a crear máscaras y cascos de protección higiénica de un solo uso que son compatibles con diversos fabricantes de gafas existentes actualmente en el mercado.

7.6 Aspectos éticos y legales

Cuando los centros quieren incorporar nuevas tecnologías como la RV, es necesario tener en cuenta dos aspectos muy importantes; el ético y el legal.

En lo referente al **ámbito legal**, no existe una normativa concreta que regule la RV, sino que, tal como pasa con la aplicación de otras tecnologías en el ámbito sanitario, se debe tener en cuenta la legislación que regula al sector sanitario, la normativa de protección de datos, así como la normativa reguladora de los derechos de propiedad intelectual.

Si bien es cierto que actualmente no existe una regulación específica sobre el uso de este tipo de tecnologías en el ámbito sanitario, recientemente la Comisión Europea ha presentado su estrategia en relación con datos e inteligencia artificial, en la que califica (69) el sector sanitario como sector de especial interés público y diseña una serie de medidas que comportarán la elaboración de una normativa específica en esta materia que garantice que los datos de salud se traten de forma segura en este entorno. Dentro de esta estrategia, dedica una atención especial al uso de datos en el ámbito de las tecnologías como el Internet de las cosas y la robótica. Es necesario prestar una atención especial si esta estrategia acaba afectando también al ámbito de la RV. Convendrá fijarse, pues, en los próximos cambios normativos que se puedan producir y que impacten en el ámbito de datos y el uso de tecnologías como la RV.

Distinguimos diversos bloques normativos que debemos analizar:

I. Normativa de protección de datos

En primer lugar, es necesario tener en cuenta la normativa de protección de datos, concretamente el Reglamento (UE) 2016/679 (de aquí en adelante RGPD) y la Ley orgánica 3/2018, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales (de aquí en adelante LOPD-GDD). Esta normativa nos proporcionará el marco jurídico que deberemos considerar al tratar los datos personales en el marco de los proyectos de RV.



Como nos encontramos en el ámbito sanitario, los datos que se utilizan para desarrollar proyectos de realidad virtual serán mayoritariamente datos de salud y, como tales, definidos como categorías especiales de datos que la normativa dota de una protección especial. Para analizar cuando podremos utilizar datos en este entorno, deberemos tener presente lo que establecen los artículos 9 y 89 de RGPD, que nos marcan las bases legitimadoras de las categorías especiales de datos; concretamente, el artículo 89 regula el uso de los datos de salud en el ámbito de la investigación. En el mismo sentido, deberemos tener en cuenta la disposición adicional decimoséptima de la LOPD-GDD, que regula el uso de datos personales en el ámbito de la investigación.

Además del análisis de la base legitimadora que nos permita utilizar datos en el ámbito de la RV, también deberemos analizar que la tecnología cumpla con todas las obligaciones establecidas por el RGPD, como, por ejemplo, las relativas a la obligación de realizar una evaluación de impacto en determinados supuestos, la adecuación del tratamiento de datos al régimen de transferencias internacionales de datos regulado por el RGPD o el deber de información y ejercicio de derechos de los titulares de los datos.

II. Normativa de investigación

En este ámbito será especialmente importante determinar la naturaleza de la solución de RV, desde la óptica de la legislación vigente en materia de productos sanitarios. Concretamente, la legislación vigente, la Directiva 2007/47/CE, define un producto sanitario como:

Cualquier instrumento, dispositivo, equipo, programa informático, material u otro artículo, utilizado solo o en combinación, junto con cualquier accesorio, incluidos los programas informáticos destinados por su fabricante a finalidades específicas de diagnóstico y/o terapia y que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser utilizado en seres humanos con fines de:

- *Diagnóstico, prevención, control, tratamiento o alivio de una enfermedad.*
- *Diagnóstico, control, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia.*
- *Investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico.*
- *Regulación de la concepción, y que no ejerza la acción principal que se desee obtener en el interior o en la superficie del cuerpo humano por medios farmacológicos, inmunológicos ni metabólicos, pero a cuya función puedan contribuir tales medios.*

Si la solución de RV tiene alguna de las funciones indicadas en esta definición, tendrá la consideración de producto sanitario, y como tal deberá someterse a los requisitos establecidos para la legislación en la materia, que actualmente es la Directiva 2007/47/CE, pero que en breve será sustituida por el Reglamento (UE) 2017/745 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2017 sobre los productos sanitarios, por el que se modifican la Directiva 2001/83/CE, el Reglamento (CE) n.º 178/2002 y el Reglamento (CE) n.º 1223/2009 y por el que se derogan las Directivas 90/385/CEE y 93/42/CEE del Consejo.

La consideración de las soluciones de RV como producto sanitario implicará que antes de implantarse se deberá realizar un ensayo clínico, y, por tanto, obtener el dictamen favorable de un CEIm, según lo que establece el RD 1090/2015, de 4 de diciembre, por el cual se regulan los ensayos clínicos con medicamentos, los Comités de Ética de la Investigación con medicamentos y el Registro Español de Estudios Clínicos.

En caso de que la solución de RV no tenga la consideración de producto sanitario, se deberá someter igualmente al dictamen de un CEIm, que dictaminará, en función del diseño del estudio la adecuación a la normativa reguladora correspondiente. En este sentido, se deberá tener en cuenta la Ley 14/2007 de investigación biomédica.

Finalmente, en este punto también tienen una incidencia las diferentes recomendaciones internacionales relativas a ética en el ámbito biomédico, como es el caso de la Declaración de Helsinki. Las Guías éticas internacionales para la investigación biomédica con seres humanos de la CIOMS o la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO.



III. Normativa relativa a los derechos de propiedad intelectual e industrial

Otro aspecto que se deberá analizar es el régimen de derechos de propiedad intelectual e industrial aplicable a las soluciones de RV. En este sentido, debemos analizar el Real decreto legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba en texto refundido de la Ley de propiedad intelectual, así como la normativa principal en materia de propiedad industrial.

Será básico determinar en el marco de creación de las soluciones de RV a quien pertenecen los derechos, así como proteger adecuadamente esta solución.

En el desarrollo de estas soluciones de RV en el ámbito sanitario, habrá diferentes actores involucrados, empresas del sector privado, centros hospitalarios y de investigación y los mismos investigadores. Uno de los puntos que también se deberá garantizar es la participación de los investigadores que han participado en el desarrollo de la solución de RV, en los beneficios que estas puedan generar, de acuerdo con lo que establece la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la ciencia, la tecnología y la innovación.



IV. Normativa relativa a los derechos de los pacientes

Cuando aplicamos una solución de RV en el ámbito sanitario, siempre que esta se produzca en el marco de una asistencia a un paciente, debemos considerar lo que establece la Ley 21/2000, de 29 de diciembre, sobre los derechos de información referentes a la salud y autonomía del paciente y la documentación clínica.

Esta normativa, entre otros aspectos, regula los requisitos del procedimiento informativo y de consentimiento que se deben de llevar a cabo en las intervenciones asistenciales. Esta norma regula cómo debe ser el proceso informativo y de consentimiento del paciente en función de si la actividad asistencial se considera intervencionista o no. En este punto, cuando se utilice una solución de RV para realizar asistencia, se deberá valorar, más allá de la información establecida por la normativa de protección de datos, cómo se deberá informar al paciente del uso de esta tecnología y la necesidad que este deba dar su consentimiento del uso en el marco de una actividad asistencial.

En el campo de la ética aplicada a la tecnología, existen diversos autores de referencia por su trayectoria en el estudio del trinomio ética, tecnología y cuidados. En este informe nos hemos centrado en las teorías de la Dra. Ingunn Moser, profesora de sociología y estudios sociales de ciencia, tecnología y medicina en la Universidad VID de Oslo, Noruega. Ha sido rectora de la Universidad de Diakonhjemmet y decana de la Facultad de Enfermería de la misma universidad en Oslo.

Moser propone una serie de cuestiones que permiten analizar las soluciones tecnológicas aplicadas a los cuidados, desde una vertiente ética (70). Son preguntas que cualquier profesional tecnológico o clínico que utilice o desarrolle este tipo de soluciones en RV debería intentar formularse y reflexionar. Estas preguntas quieren ser un punto de partida para generar una reflexión dinámica que evolucione al mismo tiempo que lo hacen las tecnologías y los servicios que prestan.

A continuación se plantean estas preguntas con una reflexión genérica, que creemos comprenden un amplio porcentaje de los proyectos de RV aplicados a la salud que existen actualmente. Aunque esta reflexión se podría aplicar también a otras tecnologías:

1. Reflexiones entorno a los retos y las necesidades	En el momento de definir las funcionalidades de las soluciones de RV, será clave la participación de los usuarios profesionales, las empresas y, en definitiva, todas las partes implicadas en el proceso, en la identificación de necesidades. En este sentido, se deberá prestar atención a las siguientes cuestiones: Qué necesidades tienen prioridad, qué actores son escuchados y si se les da la oportunidad de participar. ¿Los que participan son realmente los representantes de la mayoría? ¿Se definen las necesidades en función de los estudios? Otros elementos clave incluyen cómo se articulan y se negocian los diferentes intereses y relaciones de poder en el proceso, las consecuencias que esto tiene para los involucrados y la medida en que la definición de necesidades está sujeta a evaluación, aprendizaje y mejora.
2. Valores que deben hacerse patentes	La misma tecnología necesaria para desarrollar proyectos de RV, tal como hemos comentado al inicio, ya hace evidentes de manera intrínseca una serie de valores. Estos no dependen del desarrollador de la tecnología, sino más bien de características físicas, circunstanciales o socioculturales. En cualquier caso, la parte que nos interesa destacar es la de los valores diferenciales de cada uno de los proyectos de RV y la manera en que se priorizan y se equilibran. En el mismo sentido, es interesante buscar indicadores de proceso que se refieran a estos valores. Si consideramos, por ejemplo, que nuestro proyecto de RV tiene como valor la inclusión de personas con dificultades visuales, sería pertinente definir unos indicadores que nos permitan corroborarlo, del tipo: porcentaje de personas con dificultades visuales que utilizan nuestra herramienta; porcentaje de personas que activan la opción de “dificultades visuales”; número de usuarios con dificultades visuales recurrentes en la plataforma.
3. Actores involucrados	En este espacio, la Dra. Moser propone adivinar qué factores están involucrados y en qué condiciones lo están. El punto de partida es que no solo nos podemos centrar en los usuarios y que identifiquemos los actores reales y relevantes que ejercen un papel para que funcione una tecnología. En este contexto, un actor es simplemente alguien o algo que ejerce un papel, influye y hace que las cosas pasen.
4. Distribución de roles, tareas y responsabilidades	Las nuevas soluciones de servicio, incluidas las relativas a la RV, van acompañadas de nuevos roles, tareas y responsabilidades. La distribución de roles, tareas y responsabilidades cambia, y la redistribución habitualmente forma parte de los requisitos previos para el servicio ofrecido. Afecta a los usuarios del servicio y sus familias, así como profesionales de la salud, otro personal de cuidados sanitarios y los proveedores de servicios. En el caso que nos ocupa, la RV/RA ofrece un nuevo potencial. Probablemente, en el campo de la RV aplicada al cuidado de las personas, aparece o ya existe la figura del “administrador de realidades”, una figura que se encargaría de administrar la realidad de la persona que se está beneficiando de la solución de RV. Son unos administradores que podrían variar la realidad virtual para ofrecer cambios relevantes en el trato, diversidad de situaciones para potenciar un mejor entrenamiento, etc. Esta figura probablemente se enfrentaría a retos de aceptación por parte del resto de profesionales. Al principio no tendría reconocido su valor y muy probablemente será necesario definir exactamente sus tareas y sus responsabilidades.

5. Competencias, capacidades y otros recursos necesarios	A raíz de los nuevos roles y las nuevas tareas que surgen para conformar el equipo que implementará la nueva solución, deberemos definir nuevas competencias y responsabilidades. Cada uno de los miembros y actores implicados requerirá un conjunto de competencias y capacidades que probablemente no se hayan definido con anterioridad y que supondrán un reto a sí mismas. En este equipo también se incluye al usuario y los familiares que pueden ayudarlo a adquirir estas competencias cuando sea necesario, de la misma manera que se le podrían delegar algunas tareas o responsabilidades. Desde el punto de vista operativo, es importante considerar la necesidad de que la persona cuidadora, sea profesional o no, tenga competencias en tecnologías. Concretamente, en la solución que nosotros queremos implementar. De esta necesidad surgen dos preguntas clave: ¿qué tipo de competencia necesitan?, y, por otro lado, ¿qué tipo de formación será necesaria? Respecto a las nuevas soluciones en RV y a los profesionales que las implementan, podríamos decir que, mientras que antes observaban e interpretaban las señales de personas en su entorno, en el pasillo de su casa, en el hospital o en otro entorno, ahora es posible que deban observar una estación de trabajo para valorar una serie de datos extraídos de su comportamiento en un entorno virtual, mucho más exhaustivos y métricos en contenido pero también mucho más complejos de interpretar. Estas situaciones requieren que los profesionales de la salud y los proveedores de servicios desarrollen nuevas habilidades y herramientas para la observación y la interpretación en estos entornos. Finalmente, pero no menos importante, está la cuestión de la capacitación en forma de tiempo y recursos laborales. Cuando se asignan nuevos roles, tareas y responsabilidades a los profesionales de la salud, estos deben tener el tiempo para llevarlos a cabo.
6. Evaluación, negociaciones, ajustes, adaptaciones y procesos de aprendizaje	La última cuestión está relacionada con la evaluación, las negociaciones, los ajustes, las adaptaciones y los procesos de aprendizaje (70). Cabe destacar que, para implementar una mejora constante en los proyectos, es importante entender la evaluación como un punto inicial y no como su finalización. En un proyecto de RV, la oportunidad de generar unos mecanismos de cambio que garanticen la evolución de la solución en una dirección adecuada se iniciará en el momento en que establezcamos la primera evaluación y se aplicará durante todo el tiempo que el proyecto esté en activo.

8. Conclusiones

A mediados del siglo XX ya se comienzan a realizar estudios en los que se habla del concepto de realidad virtual. Sin embargo, es en el año 2012 cuando el concepto se consolida, con la presentación del primer kit de desarrollo con las Oculus Rift. Llegados, pues, a este punto del informe, queremos destacar diversas ideas que consideramos clave o más relevantes:

Desde el año 2018, la RV ha desaparecido del Gartner Hype Cycle. Esto significa que, para Gartner, la RV ya no es una tecnología emergente y experimental, sino que se ha convertido en algo útil y utilizable.

En estos últimos años, el mercado de la realidad virtual (RV), así como el de la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM), se ha visto incrementado exponencialmente. El año 2019 fue el año en el que se vendieron más gafas de RV; concretamente, más de 6 millones en todo el mundo (71). Se espera que esta cifra siga aumentando en los próximos años.

Algunos factores clave que han hecho posible llegar a esta cifra, tanto desde el punto de vista de software como de hardware, han sido, principalmente, la reducción de costes de los principales dispositivos, la mejora de las prestaciones y el incremento de la oferta y la accesibilidad de esta tecnología.

Actualmente, ya se está avanzando, también en la línea de lentes de contacto y hologramas, que hacen todavía más verosímil la RV/RA/RM. Paralelamente, la evolución de dispositivos de RA y particularmente de la RM, tiende a normalizar su uso, especialmente en las salas de cirugía, ya que agiliza los procedimientos que llevan a cabo los profesionales asistenciales gracias a la información sobre el paciente proporcionada en tiempo real, o la posibilidad de representar hologramas en 3D de partes del cuerpo del mismo paciente.

Se evidencia de manera clara que las aplicaciones de la RV/RA/RM son transversales puesto que llegan a la mayor parte de los sectores de la sociedad del conocimiento (industrial, entretenimiento, seguridad, educación, deporte y salud, entre otros).

A medida que el 5G o el Wi-Fi 6 evolucionan, otras tecnologías como la RV/RA/RM se verán directamente beneficiadas, ya que podrán aumentar las posibilidades y las ventajas para el usuario.

Vemos una tendencia clara en el aumento del número de proyectos de RV/RA/RM (tanto en el sector público como en el privado) en el ámbito de la salud en todo el mundo, y también en Cataluña. De hecho, diferenciamos la aplicabilidad de estos proyectos en especialidades médicas como la salud mental (fobias y trastornos de conducta), rehabilitación (física y cognitiva), distracción o tratamiento del dolor, formación (principalmente quirúrgica y anatómica) y planificación de infraestructuras sanitarias.

El uso de RV/RA/RM facilita el desarrollo de nuevas habilidades y la formación entre los usuarios de la salud (profesionales asistenciales y pacientes). Así, por ejemplo, disminuye la curva de aprendizaje, de modo que favorece la asimilación de conceptos abstractos, potenciando la colaboración o aumentando la motivación.

Hay que tener en cuenta las consideraciones y los aspectos legales y éticos de esta tecnología en el momento de su implementación, en cualquier ámbito, sobre todo en el campo de la salud.

Las principales aportaciones científicas en el campo de la RV/RA/RM en salud en Cataluña son principalmente en el ámbito de la salud mental (también es donde se encuentran más certezas y estudios con resultados claramente beneficiosos).

Como sistematizar/adaptar esta tecnología en el sistema público de salud (por lo menos en Cataluña) es el reto principal y hay que trabajar en línea para propiciar políticas o estrategias de incorporación de tecnología basada en valor. En este sentido el Grupo de Interés de RV en Salud en Cataluña, que ha establecido y coordina la Fundació TIC Salut Social con profesionales y expertos en este ámbito, es clave para generar conocimiento, asesorar y establecer criterios también de cara al futuro en la sistematización de esta tecnología en el ámbito sanitario público en nuestro país.

El ecosistema sanitario catalán ya está utilizando esta tecnología. Algunos centros sanitarios, así como las empresas y start-ups catalanas, están impulsando proyectos en los que se utilizan las tecnologías como la RV/RA/RM y empiezan a impactar claramente en el ecosistema local y global.

Bibliografía

1. Brockwell H. Forgotten genius: the man who made a working VR machine in 1957. [Online].; 2016 [cited 2020 Marzo 20. Available from: <https://www.techradar.com/news/wearables/forgotten-genius-the-man-who-made-a-working-vr-machine-in-1957-1318253>.
2. Heilig ML. Sensorama Simulator. United States Patent Office. [Online].; 1962 [cited 2020 3 20. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/90/34/2f/24615bb97ad68e/US3050870.pdf>.
3. Sterling B. Augmented Reality: "The Ultimate Display". [Online].; 2009 [cited 2020 3 12. Available from: <https://www.wired.com/2009/09/augmented-reality-the-ultimate-display-by-ivan-sutherland-1965/>.
4. Sutherland I. The Sword of Damocles. [Online].; 2015 [cited 2020 Mach 26. Available from: https://www.researchgate.net/figure/The-Sword-of-Damocles-by-Ivan-Sutherland_fig2_291516650.
5. Domesday86. The Interactive Movie Map. [Online]. [cited 2020 Marzo 9. Available from: https://www.domesday86.com/?page_id=3028.
6. Brockwell H. Forgotten genius: the man who made a working VR machine in 1957. [Online].; 2016 [cited 2020 03 23. Available from: <https://www.techradar.com/news/wearables/forgotten-genius-the-man-who-made-a-working-vr-machine-in-1957-1318253/2>.
7. Strickland J. How Virtual Reality Works. [Online].; 2007 [cited 2020 Marzo 12. Available from: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality8.htm>.
8. magazine A. VIDEOPLACE – Myron Krueger.. [Online].; 2015 [cited 2020 Marzo 18. Available from: <https://www.aneddoticamagazine.com/videoplace-myron-krueger/>.
9. Lanier J. Brief Biography of Jaron Lanier. [Online]. [cited 2020 Marzo 9. Available from: <http://www.jaronlanier.com/general.html>.
10. Rosson L. The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990. [Online].; 1990 [cited 2020 Marzo 10. Available from: https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas/.
11. Hidalgo S. A 20 años del lanzamiento del Virtual Boy: el peor fracaso de Nintendo.. [Online].; 2015 [cited 2020 Marzo 9. Available from: <https://codigoespaguetti.com/noticias/20-aniversario-virtual-boy/>.
12. Barnard D. History of VR - Timeline of Events and Tech Development. [Online].; 2019 [cited 2020 Marzo 9. Available from: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>.
13. Kumparak G. A Brief History Of Oculus. [Online].; 2014 [cited 2020 Marzo 18. Available from: <https://techcrunch.com/2014/03/26/a-brief-history-of-oculus/>.
14. Society V. A New Reality of Promise, Two Decades Too Soon. [Online]. [cited 2020 Marzo 11. Available from: <https://www.vrs.org.uk/dr-jonathan-walden-virtuality-new-reality-promise-two-decades-soon/>.
15. Bezegová E LMMRJOBVA. Virtual Reality and its potential for Europe. This report maps the VR industry in Europe. Brussels: Ecorys; 2017.
16. ThinkMobiles. What is Augmented Reality (AR) and How does it work. [Online].; 2020 [cited 2020 Marzo 21. Available from: <https://thinkmobiles.com/blog/what-is-augmented-reality/>.
17. Niantic. Niantic. [Online].; 2020 [cited 2020 03 24. Available from: <http://nianticlabs.com>.
18. Microsoft. HoloLens 2. A new vision for computing. [Online].; 2020 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>.
19. Forbes. The Difference Between Virtual Reality, Augmented Reality And Mixed Reality. [Online].; 2018 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.forbes.com/sites/quora/2018/02/02/the-difference-between-virtual-reality-augmented-reality-and-mixed-reality/#76908bcb2d07>.
20. Sony Interactive Entertainment. PLAYSTATION™NETWORK MONTHLY ACTIVE USERS. [Online].; 2020 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.sie.com/en/corporate/release/2020/200107.html>.
21. [Online]. Available from: <https://www.oculus.com/experiences/quest/2464560730245504/>.
22. Thyssen-Bornemisza. Thyssen-Bornemisza, Museo Nacional. [Online].; 2020 [cited 2020 03 24. Available from: <https://www.museothyssen.org/apoyo/apoyo-empresarial/entrar-cuadro-realidad-virtual>.
23. Casa Batlló. Casa Batlló: una mágica experiencia para los más pequeños. [Online].; 2020 [cited 2020 03 24. Available from: <https://www.casabatllo.es/novedades/una-magica-experiencia-para-los-mas-pequenos/>.
24. Microsoft. Hololens 2. A new vision for computing. [Online].; 2020 [cited 2020 03 24. Available from: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>.
25. Palladino T. Next Reality. [Online].; 2019 [cited 2020 03 21. Available from: <https://next.reality.news/news/augmented-reality-apps-account-for-over-half-top-10-most-downloaded-apps-2019-report-says-0217906/>.
26. Jugaru G. 5 Top Augmented Reality Apps for Education. [Online].; 2018 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.hongkiat.com/blog/augmented-reality-apps-for-education/>.
27. Gu X. Google Translate's instant camera translation gets an upgrade. [Online].; 2019 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.blog.google/products/translate/google-translates-instant-camera-translation-gets-upgrade/>.
28. Acer for Education. Mixed Reality in Education: boosting students' learning experience. [Online].; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: https://eu-acerforeducation.acer.com/innovative-technologies/mixed-reality-in-education-boosting-students-learning-experience/?gclid=CjwKCAiA1L_xBRA2EiwAgcLKAYimWnf0khZxv8-675gwIQvoTJv9Hfc2FI3kj2MJsaFw15lj04BtxoCSkoQAvD_BwE.
29. Continental-Automotive. Continental. [Online].; 2020 [cited 2020 03 24. Available from: <https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/Information-Management/Head-Up-Displays/Augmented-Reality-HUD>.
30. Virtual Reality Society. Virtual Reality in the Military. [Online].; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-military/>.
31. Virtual Reality Society. Virtual Reality in the Military. [Online].; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: <http://ict.usc.edu/prototypes/pts/>.
32. B G. Five Innovative Ways You Can Use Virtual Reality in the Real Estate Business. [Online].; 2020 [cited 2020 03 21. Available from: <https://rubygarage.org/blog/virtual-reality-in-real-estate>.
33. Joseph S. How Ikea is using augmented reality. [Online].; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: <https://digiday.com/marketing/ikea-using-augmented-reality/>.
34. Bezegová E LMMROBVA. Virtual Reality and its potential for Europe. Brussels: Ecorys; 2017.
35. Wightman-Stone D. Asos launches its first augmented reality feature. [Online].; 2019 [cited 2020 03 21. Available from: <https://fashionunited.uk/news/retail/asos-launches-its-first-augmented-reality-feature/2019061443676>.
36. Lawver J. Transforming the construction industry with mixed reality. [Online].; 2019 [cited 2020 03 01. Available from: <https://bdtechtalks.com/2019/08/13/mixed-reality-construction-industry/>.
37. Research M. Holoportation. [Online].; 2020 [cited 2020 03 25. Available from: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/holoportation-3/>.
38. Liu J CDXTKTHAOW. Light field endoscopy and its parametric description. Optics Letters. 2017; 42(9).
39. García-García E.S. RAAIOOPJ. Terapia de Exposición Mediante Realidad Virtual e Internet en el Trastorno de Ansiedad/Fobia Social: Una Revisión Cualitativa. Ter Psicol. 2011 Dec; 29(2).
40. Moglia A FVMLFMMFCA. A Systematic Review of Virtual Reality Simulators for Robot-assisted Surgery. European urology. 2016 June; 69(6).

41. Silva JNA SMRCSJ. Emerging Applications of Virtual Reality in Cardiovascular Medicine. JACC Basic Transl Sci. 2018 Jun; 25; 3(3).
42. Stanford Children's Health. The Stanford Virtual Heart – Revolutionizing Education on Congenital Heart Defects. [Online].; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.stanfordchildrens.org/en/innovation/virtual-reality/stanford-virtual-heart>.
43. Pourmand A DSMAWTSN. Virtual Reality as a Clinical Tool for Pain Management. Curr Pain Headache Rep. 2018 Mar; 7; 22(8).
44. Tepper OM RHLAWKMSSCea. Mixed Reality with HoloLens: Where Virtual Reality Meets Augmented Reality in the Operating Room. Plast Reconstr Surg. 2017 Nov; 26; 140(5).
45. Microsoft News Center UK. Surgeons use Microsoft HoloLens to 'see inside' patients before they operate on them. [Online].; 2018 [cited 2020 03 21. Available from: <https://news.microsoft.com/en-gb/2018/02/08/surgeons-use-microsoft-hololens-to-see-inside-patients-before-they-operate-on-them/>.
46. Baba N. Can virtual reality help the future of surgery? [Online].; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.aljazeera.com/news/2017/10/virtual-reality-future-surgery-171025104808980.html>.
47. La Vanguardia. Salud prueba una tecnología que permite ver la anatomía del paciente en 3D durante una operación. [Online].; 2020 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.lavanguardia.com/vida/20200224/473748316311/tecnologia-anatomia-3d-holograma-operacion-complejo.html>.
48. Mora A. Los mejores cascos de realidad virtual de 2020. [Online].; 2020 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/>.
49. Cook A. Realidad Digital. [Online].; Deloitte; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/technology/Realidad%20digital%202018.pdf>.
50. Billinghurst M. Virtual Reality Down Under: VR Research in Oceania. [Online].; 2006 [cited 2020 03 21. Available from: <https://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/2319>.
51. The New Zealand VR/AR Association. Virtual Gets Real. The explosion of Cross Reality in New Zealand. New Zealand VR/AR Association Inc; 2017. Report No.: Report 1.
52. Social Observatory of "La Caixa". Open access to science. [Online].; 2017 [cited 2020 03 21. Available from: <https://observatoriosociallacaixa.org/en/-/porcentaje-de-publicaciones-en-acceso-abierto-2008-2013->.
53. Lindner P MARLAGCP. What is so frightening about spiders? Self-rated and self-disclosed impact of different characteristics and associations with phobia symptoms. Scand J Psychol. 2018 Desembre; 60(1).
54. Buck B NAKAGGRG. Reductions in reported persecutory ideation and psychotic-like experiences during exposure therapy for posttraumatic stress disorder. Psychiatry Res. 2019 Feb; 272.
55. Adery LH IMTLWJNHBEEa. The acceptability and feasibility of a novel virtual reality based social skills training game for schizophrenia: Preliminary findings. Psychiatry Res. 2018 Dec; 270.
56. Paul SK CMSIBP. Virtual eye surgery training in ophthalmic graduate medical education. Can J Ophthalmol. 2018 Dec; 53(6).
57. Arlati S SDMSZAFGSRea. Analysis for the design of a novel integrated framework for the return to work of wheelchair users. Work. 2018 April; 61(4).
58. Vajsbaher T SHFN. Spatial cognition in minimally invasive surgery: a systematic review. BMC Surg. 2018 Nov; 18(94).
59. Juras G BAMJKAPMHAea. Standards of Virtual Reality Application in Balance Training Programs in Clinical Practice: A Systematic Review. Games for health journal. 2018 April; 8(2).
60. Ku J KYCSLTLHKYea. Three-Dimensional Augmented Reality System for Balance and Mobility Rehabilitation in the Elderly: A Randomized Controlled Trial. Cyberpsychology Behaviours Social Network. 2019 February; 22(2).
61. Chau B CBWT. Decreasing pediatric pain and agitation during botulinum toxin injections for spasticity with virtual reality: Lessons learned from clinical use. J Pediatr Rehabil Med. 2018 September; 11(3).
62. Bergman B NDPL. Five main processes in healthcare: a citizen perspective. BMJ Publishing Group Limited Open-access. 2011.
63. D. N. Childhood Obesity, Physical Activity, and Exercise. Pediatric Exercise Science. 2017; 29(1).
64. F. W. 'Virtual tumour' new way to see cancer. [Online].; 2018 [cited 2020 03 22. Available from: <https://www.bbc.com/news/health-46527235>.
65. Cushman LA SKDC. Detecting navigational deficits in cognitive aging and Alzheimer disease using virtual reality. Neurology. 2008 September; 71(12).
66. Chirico AMPIPMCGGAFea. Virtual reality and music therapy as distraction interventions to alleviate anxiety and improve mood states in breast cancer patients during chemotherapy. Journal of Cellular Psysiology. 2020 June; 235(6).
67. Weingarten K MFPD. Virtual Reality: Endless Potential in Pediatric Palliative Care: A Case Report. Journal of Palliative Medicine. 2019; 23(1).
68. Thinkwik. CryEngine vs Unreal vs Unity: Select the Best Game Engine. [Online].; 2018 [cited 2020 03 22. Available from: <https://medium.com/@thinkwik/cryengine-vs-unreal-vs-unity-select-the-best-game-engine-eaca64c60e3e>.
69. Europea WodIU. Dar forma al futuro digital de Europa: la Comisión presenta sus estrategias en relación con los datos y la inteligencia artificial. [Online].; 2020 [cited 2020 03 25. Available from: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_273.
70. Moser lyTH. Velferdsteknologi og teleomsorg: nye idealer og former for omsorg. En A. Tjora y L. Melby (Ed.) Oslo: Gyldendal Akademisk; 2013.
71. Statista. Statista. [Online].; 2019 [cited 2020 03 22. Available from: <https://www.statista.com/statistics/671403/global-virtual-reality-device-shipments-by-vendor/>.
72. Salinas J. [Online]. Available from: <https://javiersalinas.es/que-es-video-volumetrico/>.
73. Marc Levoy and Pat Hanrahan. [Online].; 1996. Available from: <http://graphics.stanford.edu/papers/light/>.
74. Oculus. Oculus. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: www.oculus.com.
75. Vive. Vive. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: www.vive.com.
76. Microsoft. Microsoft HoloLens 2. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: www.microsoft.com/es-es/hololens.
77. Sony. PlayStation VR. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: www.playstation.com/es-es/explore/playstation-vr/.
78. Google. Google Glass. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: <https://www.google.com/glass/start/>.
79. Google. Google Cardboard. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: https://arvr.google.com/intl/es_es/cardboard/get-cardboard/.
80. Lenovo. Lenovo AR VR. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: www.lenovo.com/es/es/arvr/.
81. HP. HP online store. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: https://store.hp.com/SpainStore/Merch/Product.aspx?id=3VM67AA&opt=ABB&sel=ACC&gclid=CjwKCAiAj_-xBRBjEiwAmRbqYt8xf6Mgz3jGPAV89Av9hyD_EVyLiYBgH5qnxAeVmgUvs5Zw_BRIRoC3IoQAvD_BwE&gclid=aw.ds.
82. Huawei. Huawei VR Glass. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: <https://consumer.huawei.com/cn/wearables/vr-glass/>.
83. Varjo. Upgrade your vision with Varjo Products. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: <https://varjo.com/purchase/>.
84. Magic Leap. Accelerate Remote Work. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: <https://www.magicleap.com>.
85. Gamerdic. Diccionario online de términos sobre videojuegos y cultura gamer. [Online].; 2020 [cited 2020 03 23. Available from: <http://www.gamerdic.es/termino/textura/>.

Figuras

Figura A. Sensorama	8
Figura B. Aspen (Colorado)	9
Figura C. Google street View	10
Figura D. Oculus rift	11
Figura E. Aplicación de RA mostrando un pulmón	14
Figura F. Pokemon GO	15
Figura G. Aplicación de RM manipulando un pulmón en 3D en forma de holograma	15
Figura H. Espectro Realidad Mixta	15
Figura I. Dispositivos holográficos y dispositivos inmersivos en la RM	16
Figura J. Diferencias entre RV, RA y RM	17
Figura K. Gafas PSVR	18
Figura L. Experiencia VR simulando un museo	19
Figura LL. AR Coloring. Disney Research Hub.	20
Figura M. Experiencia VR en la industria	21
Figura N. Continental. Sistema ADAS de RA	21
Figura O. Industria 4.0	21
Figura P. RV conectada al bienestar personal	22
Figura Q. Entrenamiento del ejército en RV	22
Figura R. Uso de la RV para simular tours virtuales	23
Figura S. Holoportation	24
Figura T. Usuario observando sus manos representadas en RV	24
Figura U. Uso de la RV para entrenamiento quirúrgico	24
Figura V. Pantallas holográficas en un coche	25
Figura W. Reconstrucción en 3D de un corazón	25
Figura X. RV para rehabilitación	28
Figura Y. Representación holográfica del cuerpo humano en diferentes capas.	28
Figura Z. Uso de la RM para ver “a través” del cuerpo	29
Figura AA. Representación de usuarios en forma de avatares holográficos	29
Figura AB. Gafas diversas de RV	30
Figura AC. Conexiones a otros dispositivos según requisitos de diferentes gafas de RV	31
Figura AD. Número anual de publicaciones de RV en el ámbito de la salud (2015-2018)	41
Figura AE. Temáticas detectadas en las publicaciones de RV (2015-2018)	42
Figura AF. Eina Unity	64



Fundació TIC Salut Social | www.ticsalutsocial.cat
Departament de Salut | **Generalitat de Catalunya**
Edifici Salvany | C/de Roc Boronat, 81-95
08005 Barcelona | Tel: + 34 93 553 26 42