

Informe **REALITAT VIRTUAL** EN SALUT

Estat actual de la RV en salut



TIC | **Salut
Social**



Generalitat
de Catalunya

Índex

Agraïments	4
1. PRESENTACIÓ	7
2. EVOLUCIÓ DE LA REALITAT VIRTUAL	8
3. DEFINICIÓ DE RV/RA/RM	12
3.1 Què entenem per RV?	12
3.2 Què entenem per RA i RM?	14
4. APLICACIONS DE LA RV/RA/RM	18
4.1 Aplicacions de la RV per sectors	18
4.2 Aplicacions en salut	28
5. DISPOSITIUS DE RV/RA/RM	30
6. VISIÓ GENERAL A ESCALA MUNDIAL DE LA RV/RA/RM	34
6.1 Principals regions al món	34
6.2 Empreses destacades en salut	46
6.3 Projectes catalans identificats a l'observatori de la FTSS	50
7. ASPECTES CLAU PER INICIAR UN PROJECTE EN RV/RA/RM EN SALUT	52
7.1 Detecció de necessitats i millora de processos	52
7.2 A qui va dirigit?	56
7.3 Quins tipus de dispositius es necessiten	58
7.4 Recursos humans, tècnics i pressupost	60
7.5 Seguretat i manteniment	66
7.6 Aspectes ètics i legals	68
8. CONCLUSIONS	76
Bibliografia	78
Figures	82

Agraïments

Volem agrair la col·laboració de tots els professionals que han contribuït d'alguna manera en l'elaboració d'aquest informe. Especialment, volem fer menció dels professionals assistencials i de recerca i innovació del SISCAT, de l'ecosistema d'empreses i start-ups biotecnològiques catalanes i de la Fundació i2Cat per la seva expertesa tecnològica en l'àmbit de la RV, així com l'aportació de l'empresa Huawei en una visió d'aplicació tecnològica futura.

PRESENTACIÓ

La Fundació TIC Salut Social és un organisme del Departament de Salut que treballa per impulsar el desenvolupament i la utilització de les TIC i el treball en xarxa en l'àmbit de la salut. A més, esdevé un observatori de noves tendències, innovació i seguiment d'iniciatives emergents i ofereix serveis de normalització i homologació de productes. La implantació de les TIC en salut ja és imparable i es visualitza com un dels elements més transformadors de la salut del futur.

En aquest marc, no ens passa desapercebut que el mercat de la realitat virtual (RV), així com el de la realitat augmentada (RA) i la realitat mixta (RM), s'ha vist incrementat de manera significativa en els darrers anys. En aquest sentit, el passat 4 de setembre, des de la Fundació TIC Salut Social, vam impulsar la Primera Trobada del Grup d'Interès de Realitat Virtual i Augmentada Aplicada a Salut a Catalunya, amb l'objectiu d'establir les bases per impulsar un grup d'interès en les tecnologies d'aquest àmbit aplicades a la salut amb la participació de la majoria dels actors del territori implicats. Hi van participar més de trenta professionals de diferents centres i, actualment, ja en formen part molts més. De fet, en el darrer informe del Mapa de Tendències vam detectar que el 27 % dels centres utilitzaven la realitat virtual, i el 2019 vam poder recollir més de cinquanta iniciatives en aquest àmbit. Per tant, és necessari intentar connectar les diferents iniciatives, unir esforços i impulsar la innovació entre les diferents entitats membres de l'ecosistema català en salut.

Aquest informe pretén ser un punt de partida sobre l'estat actual de la realitat virtual en salut. Recull l'evolució històrica d'aquesta tecnologia, les diferents definicions i aplicacions, així com els dispositius més utilitzats. Compara les diferents iniciatives internacionals i defineix pautes per impulsar projectes de realitat virtual en centres de salut. Aquest contingut, que teniu a la vostra total disposició, és fruit de la feina dels professionals de la Fundació TIC Salut Social i neix amb la voluntat d'esdevenir un document de consulta entre els professionals del sistema que treballin en aquest àmbit.

La informació que conté aquest document reflecteix un estudi basat en l'expertesa de la Fundació TIC Salut Social amb la col·laboració del sector salut i TIC, però no manifesta necessàriament la posició global de la indústria de la RV.

2. EVOLUCIÓ DE LA REALITAT VIRTUAL

La **realitat virtual** (RV) és un concepte molt extens i conegut actualment dins del sector tecnològic, però històricament no ha estat sempre així, ja que hi ha hagut una gran dificultat per definir-lo i cercar-ne l'origen.

A continuació es mostra una anàlisi retrospectiva sobre els principals esdeveniments històrics que han contribuït a l'evolució d'aquesta tecnologia en el decurs dels anys fins a l'actualitat:



La NASA va crear el Virtual Interface Environment Workstation (**VIEW**) (10), un sistema de visualització estereoscòpic que es col·locava al cap i tenia una pantalla que podia ser un entorn artificial generat per ordinador o un entorn real retransmès per càmeres de vídeo remotes. Els guants (DataGlove) disposaven d'una sèrie de cables i sensors de fibra òptica que detectaven qualsevol moviment dels dits de qui els duia i transmetien la informació a un ordinador amfitrió.

1990

1991

Durant la dècada dels noranta, van sorgir diferents màquines recreatives i cascos de RV accessibles per al públic per jugar a videojocs, com, per exemple, les Virtuality, creades per **Virtuality Group** (11). En aquestes màquines, els usuaris portaven un joc d'ulleres RV per jugar amb entorns visuals immersius estereoscòpics en 3D en temps real.

Nintendo va llançar el **Virtual Boy** (12), una consola de videojocs que mostrava gràfics monocromàtics que feien sensació de 3D gràcies a un efecte estereoscòpic. La consola no va obtenir prou vendes i es va retirar del mercat pocs mesos després.

1995

1999

Es va estrenar al món la pel·lícula **Matrix**, de les germanes Wachowski. Si bé abans ja havien aparegut pel·lícules en què es destacava el concepte de món virtual o RV, com Tron (1982), The Lawnmower Man (1992) o Johnny Mnemonic (1995), va ser amb Matrix i el seu impacte cultural en la societat quan es va estendre.

Google va millorar els seus mapes afegint la funcionalitat de Google Street View (*fig. C*), que permet veure amb imatges 360° pràcticament qualsevol carrer del món. Posteriorment, el 2010, Google va afegir un mode estereoscòpic 3D per al Google Street View (13)

2007

2012

Va ser l'any 2012 quan la RV va començar a agafar molta popularitat arreu del món amb les **Oculus Rift**, després que el seu fundador, Palmer Luckey, presentés el primer kit per a desenvolupadors, en un projecte Kickstarter per obtenir finançament. Va aconseguir doblar el seu objectiu de 250.000 \$ en poc més de dues hores (14).

Facebook adquireix el projecte de Palmer Luckey i les ulleres Oculus Rift, per **dos mil milions de dòlars** (15). Facebook té previst expandir la tecnologia d'Oculus a sectors com el de la comunicació, l'educatiu, així com els videojocs

2014

2016

Els primers kits de desenvolupament de les Oculus Rift (*fig. D*) es van posar finalment a la venda l'any 2016 i, si bé originalment es van pensar per gaudir-les en videojocs, molts altres sectors, com l'educació, l'automobilisme, la publicitat, el turisme o la salut, van veure l'oportunitat d'aprofitar aquesta tecnologia per oferir noves experiències immersives als usuaris.

Es va començar a popularitzar molt l'ús de la RV en els *smartphones*, gràcies sobretot a l'augment de les capacitats dels mòbils, com és el cas de la potència gràfica. A més, la disponibilitat de dispositius *standalone* (ulleres autònomes que no necessiten connectar-se a un PC o incorporar un *smartphone*), com les Oculus GO o les Oculus Quest, és un altre factor que impulsa els casos d'ús de la RV, juntament amb l'abaratiment d'aquesta tecnologia i la possibilitat que més usuaris decideixin comprar les seves pròpies ulleres.

2018

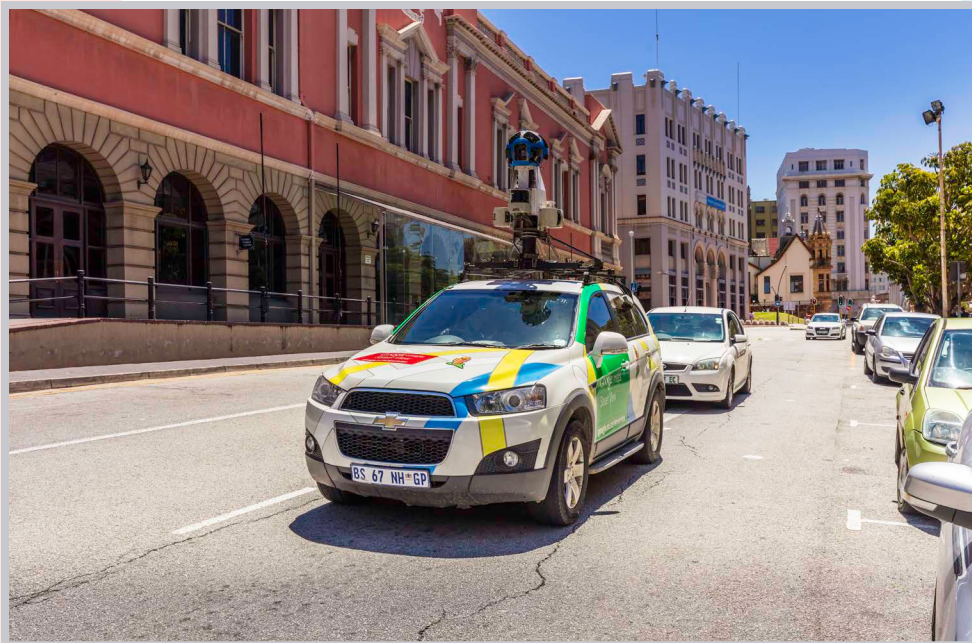


Figura C. Google street View



Figura D. Oculus rift

3. DEFINICIÓ DE RV/RA/RM

3.1 Què entenem per Realitat Virtual?

La **realitat virtual** (RV) és el terme utilitzat per descriure un entorn tridimensional generat per computadora que pot ser explorat i executat per una persona (15). Aquesta interacció amb l'entorn tridimensional pot ser a través d'instruccions de veu o a través de perifèrics com, per exemple, comandaments o guants, amb deteccions de moviment o sense.

Si bé el concepte de RV existeix des del segle passat, actualment es relaciona amb l'experiència que, mitjançant la tecnologia en forma de casc o ulleres, aïlla completament la persona de l'entorn real que l'envolta per aconseguir una immersió total.

Hi ha diversos elements que són importants per tenir una experiència de RV òptima. Els més rellevants són els següents:

Món virtual. És un entorn tridimensional que sovint, però no necessàriament, es genera a través d'un mitjà (és a dir, representació, visualització, etc.). S'hi pot interactuar i es poden crear objectes com a part d'aquesta interacció.



Immersió. És la percepció d'estar físicament present en un món no físic. Com més elaborat i creïble sigui l'entorn virtual, més profunda serà la immersió. Els efectes sonors i les melodies ajuden a augmentar-la.

Retroalimentació sensorial. L'estimulació dels sentits requereix una retroalimentació sensorial (feedback), que s'aconsegueix mitjançant maquinari (hardware) i programari (software) integrats, també coneguts com a entrades (inputs).



Interactivitat. L'element d'interacció és crucial per a les experiències de RV, que han de proporcionar a les persones prou comoditat per relacionar-se naturalment amb l'entorn virtual.

3.2 Què entenem per Realitat Augmentada i Realitat Mixta?

La **realitat augmentada** (RA) i la **realitat mixta** (RM) són tecnologies que, juntament amb la realitat virtual (RV), han evolucionat molt en el decurs dels últims anys. Tant la RA com la RM comparteixen aspectes en comú amb la RV, com la necessitat de disposar d'un *hardware* que permeti generar elements digitals (2D o 3D) o la possibilitat d'interaccionar amb aquests elements digitals.

La RA és el terme que s'utilitza per definir la visió d'un entorn físic del món real a través d'un dispositiu tecnològic, afegint-hi elements digitals reals (16). S'acostuma a experimentar a través d'*smartphones*, tauletes tàctils o fins i tot *smartglasses* com les Google Glass, i es pot controlar mitjançant pulsacions tàctils o instruccions de veu.

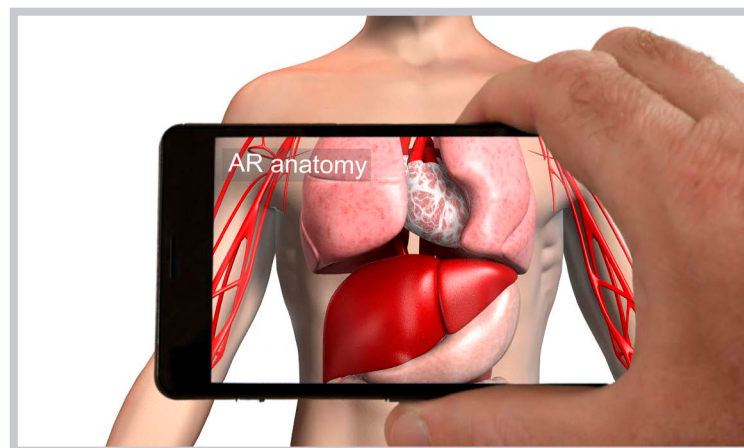


Figura E. App de RA mostrant un pulmó

La principal diferència amb els dispositius de RV és que, mentre que aquesta última aïlla completament a l'usuari de l'entorn real que l'envolta per submergir-lo completament en un entorn virtual i aconseguir la millor immersió possible, la RA no aïlla l'usuari de l'entorn real, sinó que pot continuar veient el que l'envolta però amb elements digitals superposats (fig. E).

En la RA, els elements digitals que es mostren poden ser estàtics o animats, tant figures en 2D com en 3D. Habitualment se sobreposen sobre una figura que l'aplicació reconeix, com pot ser un codi QR, un patró dibuixat en un paper o fins i tot un objecte real que ha sigut prèviament escanejat per l'aplicació. També pot fer servir la localització GPS per generar elements digitals en l'entorn real sense la necessitat de dependre del reconeixement de patrons per ubicar l'element digital. Un dels exemples més exitosos és l'aplicació Pokémon GO (fig. F), de Niantic (17).



Figura F. Pokémon GO



Pel que fa a la RM, es defineix com el resultat de combinar el món físic amb el món digital. Pot capturar la posició d'una persona en un entorn físic, superfícies i límits (per exemple, mapatge espacial i comprensió espacial), il·luminació i so ambiental, reconeixement d'objectes i ubicació (fig. G).

Figura G.
Aplicació de RM que permet manipular un pulmó en 3D en forma d'holograma

Amb la RM no només es mostren elements digitals en l'entorn real, sinó que, a més, les persones poden veure'ls i manipular-los. És el cas, per exemple, de la creació d'un model d'anatomia en forma d'holograma¹, des de diferents angles (fig. H).



Figura H. Espectre de realitat mixta

1. Un holograma és un tipus de fenomen del camp visual o fotografia pel qual el tractament de la llum que rep una imatge fa que aquesta tingui diversos plans i aparegui, així, de manera tridimensional. Tanmateix, en el context d'aquest text, els hologrames són objectes 3D generats per computadora.

Hi ha experiències de RM que s'apropen molt al que es coneix com a RA, però aquestes solen ser d'un nivell més evolucionat (per exemple, permeten interactuar amb hologrames). De fet, és habitual categoritzar com a aplicacions de RA algunes de les experiències de RM. També hi ha experiències de RM que s'apropen més al que es coneix com a RV, ja que tot el que veu l'usuari en el visor és virtual, però amb la principal diferència que l'entorn virtual generat té en compte l'entorn real que l'envolta, com, per exemple, una sala i els objectes que hi conté.

Cal destacar que un dels dispositius en forma d'ulleres que més ha popularitzat el terme de RM han sigut les HoloLens de Microsoft, distribuïdes el 2016 i potenciades l'any 2019 amb el llançament de la següent versió, les HoloLens² (18) (fig. I).

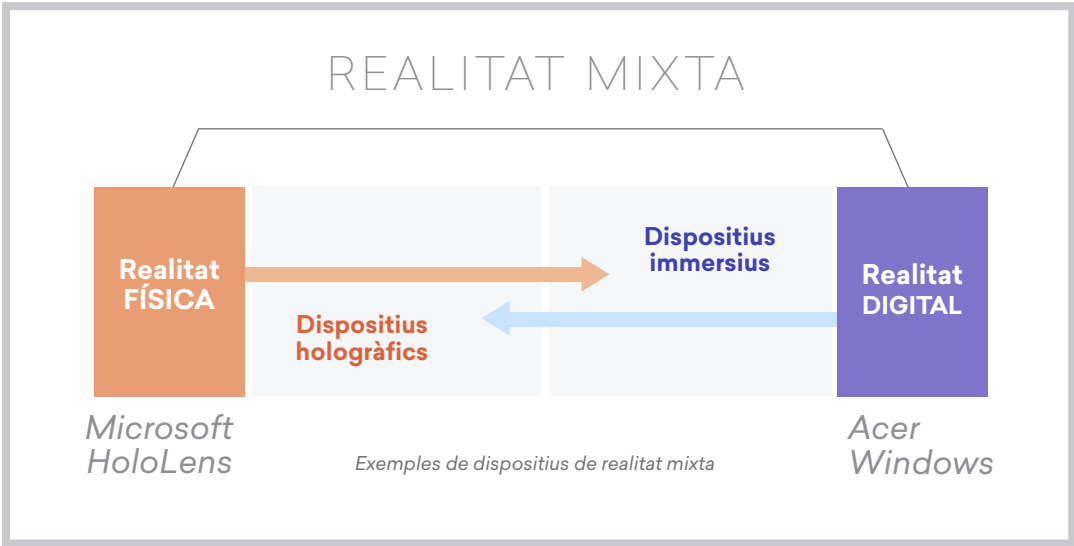


Figura I. Dispositius hologràfics i dispositius immersius en la RM

La figura següent (19) mostra de manera esquemàtica les diferències principals entre la RV, la RA i la RM que s'han comentat al llarg d'aquest capítol (fig. J):

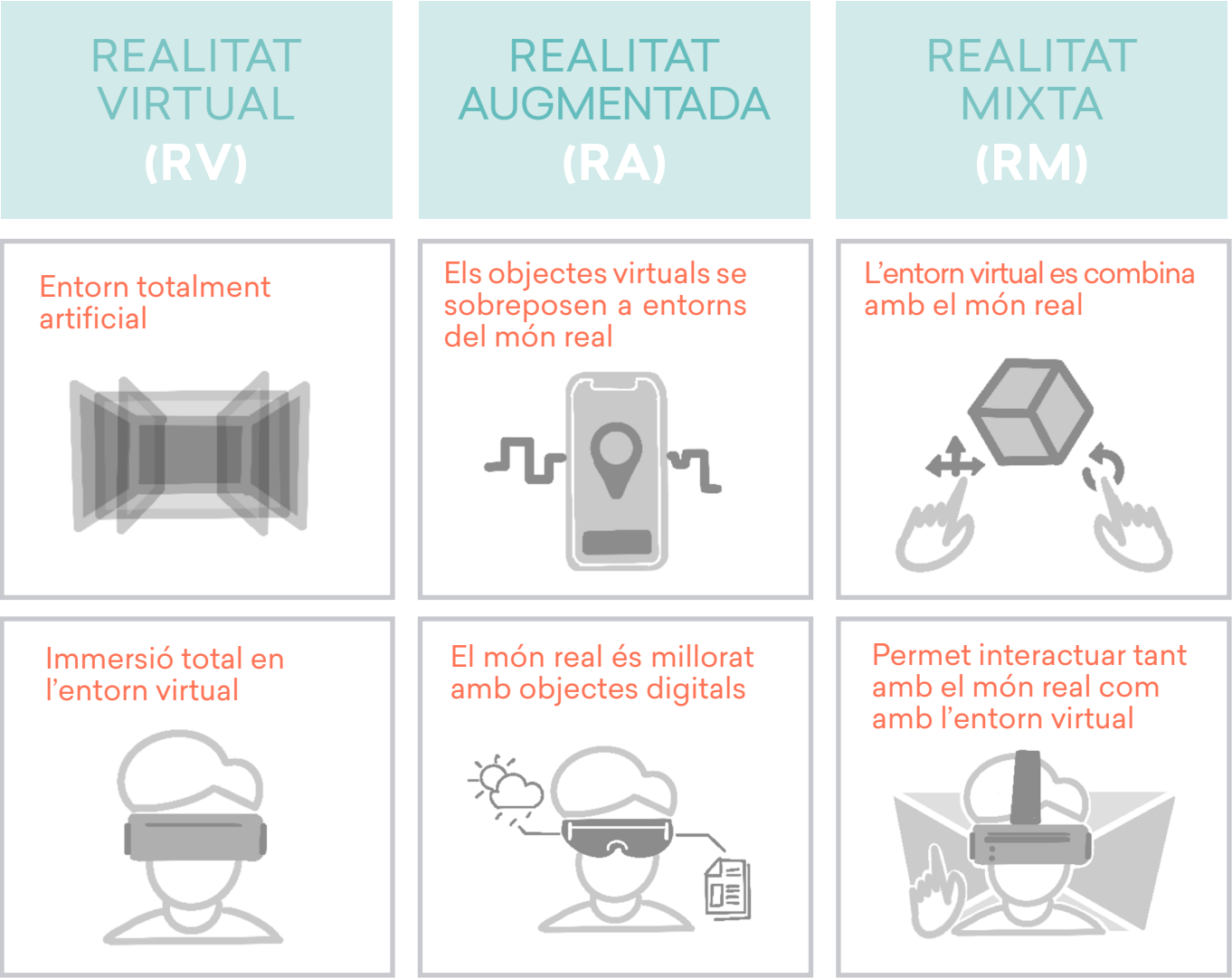


Figura J. Diferències entre RV, RA i RM

2. Les HoloLens van ser el primer ordinador hologràfic sense cables. Es poden controlar amb la mirada, els gestos dels dits o la veu. Disposen d'un joc de lents bessones on es projecten els hologrames i donen informació de profunditat, forma i dimensions.

4. APLICACIONES DE LA RV/RA/RM

La **realitat virtual** (RV) pot oferir múltiples aplicacions que poden ser d'utilitat en diversos sectors gràcies a la capacitat de recrear qualsevol entorn i situació.

El sector que genera més continguts i beneficis mitjançant la RV és el de l'entreteniment, concretament el dels videojocs. Actualment, també, altres sectors com el turisme, l'automobilisme, l'esport, l'empresa, l'educació i sobretot la sanitat utilitzen aquesta tecnologia per oferir noves experiències i possibilitats als seus usuaris.

A continuació, es mostren algunes de les aplicacions que permet la RV en diferents sectors, així com algunes de les més destacades pel que fa als dispositius de RA i RM.

4.1 Aplicacions de la RV per sectors

Entreteniment

Tal com s'ha comentat anteriorment, el sector més destacat en RV és l'entreteniment, concretament l'àmbit dels videojocs. Es tracta d'una indústria que cada cop genera més beneficis i són moltes les empreses tecnològiques internacionals que hi estan apostant; és el cas, per exemple, de Microsoft, Samsung o Facebook. Actualment, pel que fa a les Playstation VR, les ulleres de RV de Sony per a la videoconsola domèstica PlayStation 4 (PS4), se n'han venut més de 5 milions d'unitats arreu del món (20) (*fig. K*). A més, cada vegada es publiquen més videojocs amb possibilitats d'experimentar-los en RV, no només per a videoconsol·les domèstiques, sinó també per a ordinadors i *smartphones*.



Figura K.
Ulleres PSVR

Cal destacar, també, altres àrees d'entreteniment que estan oferint experiències d'aquest tipus. Aplicacions com Oculus Venues (21), de fet, han contribuït a la difusió d'activitats com veure una pel·lícula o seguir un esdeveniment esportiu en RV, afegint-hi un component social gràcies a la possibilitat de participar en l'esdeveniment de manera remota, dins d'un entorn virtual, juntament amb altres usuaris.

L'altra indústria, coneguda com a Location Based VR (LBVR), està guanyant una posició important en el món de l'entreteniment en RV. La LBVR és tot tipus d'entorn en què els usuaris participen en una experiència simulada en RV, acompanyada d'infraestructures específiques capacitades per crear efectes multisensorials com vibracions, olors i objectes simulats que els usuaris poden tocar i manipular. Gràcies a la possibilitat de disposar d'aquestes infraestructures, les experiències LBVR poden proporcionar al món de l'entreteniment en RV una dimensió afegida que, en un entorn domèstic, encara és difícil d'assolir a causa dels alts costos d'instal·lació i manteniment.

Estenent el concepte d'entreteniment a àrees com el turisme i la cultura, és molt comú, actualment, utilitzar aplicacions de RV per visitar reconstruccions tridimensionals de museus i llocs remots d'interès turístic. A més de les visites virtuals més típiques, també és possible participar d'experiències totalment noves, com recreacions tridimensionals de quadres famosos en RV (22), que acosten el concepte de LBVR, anomenat anteriorment, a museus (*fig. L*) i sales d'exposicions.



Figura L. Experiència VR que simula un museu

En entorns turístics i culturals, també s'estan difonent aplicacions de RA com a substitutes o com a complement de les audioguies (23), cosa que permet als usuaris visualitzar informacions addicionals en les pantalles de *smartphones*, tauletes tàctils o ulleres específiques (com les HoloLens de Microsoft) (24).

La popularitat de dispositius com els *smartphones* i les tauletes tàctils també està contribuint a la difusió de moltes aplicacions de realitat augmentada entre els usuaris.

Les botigues en línia per a *smartphones* i tauletes tàctils, com la Play Store (Google) o l'App Store (Apple), ofereixen una gran quantitat d'apps de RA. Algunes de les més exitoses han sigut Pokémon GO, que fa servir la RA i la localització GPS per mostrar elements digitals en 3D al carrer i en ubicacions emblemàtiques, o d'altres com Snapchat o Instagram, que permeten aplicar multitud de filtres i accessoris digitals mitjançant la RA (25).

Educació

La RV es pot fer servir per a situacions d'ensenyament i aprenentatge, permetent presentar dades complexes d'una manera accessible i fàcil als/les estudiants (*fig. LL*). A més, descobreixen un ambient innovador ple de noves possibilitats. Per exemple, la RV permet viatjar en el temps i viure en primera persona esdeveniments històrics, no només per obtenir informació i dades, sinó també per altres tipus de percepcions que només la immersió de la RV pot oferir.



Figura LL. AR Coloring. Disney Research Hub

Existeixen també multitud d'apps de RA (orientades a l'ensenyament) per aprendre (26), com per exemple, en el cas de l'astronomia, la identificació de planetes i estrelles mitjançant l'enfocament del nostre mòbil a aquestes (app Sky Map). O les matemàtiques on els estudiants de primària poden aprendre a sumar i restar utilitzant escenaris del món real (app FETCH! Lunch Rush) com també en el cas dels idiomes, on es poden traduir directament textos impresos en objectes, enfocant amb la càmera amb el Google Translate (27).

Amb la RM, els estudiants poden manipular objectes generant una major comprensió dels mateixos, i també interactuar amb conjunts de dades, fórmules complexes i conceptes abstractes, facilitant així la seva comprensió (28).

Les aplicacions de RA s'estan difonent també en entorns educatius infantils, on els/les usuaris/usuàries més joves poden participar a activitats creatives, com pintar o dibuixar. Aquestes aplicacions afegeixen una dimensió tridimensional que les fa més atractives que les tradicionals.

Indústria

Amb la RV es pot realitzar formació en diversos processos industrials, que van des de treballar en una cadena de muntatge (*fig. M*), realitzar visites virtuals a les instal·lacions, o conduir maquinària industrial en una excavació minera, entre d'altres.



Figura M. Experiència VR en la indústria

Amb aquesta tecnologia també es poden simular accidents de treball o realitzar simulacions de maniobres d'operació arriscades, així com assajos d'actuació en cas d'emergència i rutes d'escapament. A més, també es poden utilitzar els simuladors de RV per optimitzar tasques dins del sector industrial, oferint per exemple sistemes interactius de gestió de magatzem.

Per altra banda, la indústria de l'automoció també s'està beneficiant especialment d'aquesta tecnologia, com per exemple per visualitzar prototips virtuals de cotxes a escala real, o per establir revisions de disseny amb la col·laboració de diversos enginyers.

Des de fa una dècada, el món de l'automoció ja implementa aplicacions de RA, tal com ADAS (Advanced Autonomous Driving Systems), que gràcies a projeccions virtuals aplicades sobre imatges naturals, proporcionen informació afegida al conductor, estimant la trajectòria del vehicle i guiant la conducció (29) (*fig. N*).

Tant la RA com la RM són una part integral dels conceptes de la Indústria 4.0, ja que permeten als/les treballadors/es accedir a la informació digital i superposar-la amb el món físic (*fig. O*).



Figura N. Continental. Sistema ADAS de RA



Figura O. Indústria 4.0

Esport

L'alta gamificació que ofereixen les plataformes de RV també les fa ideals per millorar el rendiment esportiu dels usuaris des de la comoditat del seu domicili i mentre competeixen i se socialitzen amb la seva família i amics.

Alhora, aquesta tecnologia pot facilitar la pràctica d'una gran varietat d'esports des de la mateixa llar, gràcies al fet que les simulacions en RV traslladen els usuaris a entorns esportius reals, com gimnasos, o a espais oberts (*fig. P*).

A més, la RV es pot fer servir combinada amb altres màquines o dispositius per augmentar la immersivitat. Per exemple, es pot combinar una bicicleta estàtica amb una simulació d'un entorn real per practicar bicicleta de muntanya.

Seguretat

Els cossos de seguretat poden utilitzar la RV per entrenar-se en diferents modalitats. Per exemple, en el cas dels militars, poden recrear simulacions de combat real o altres escenaris perillosos en què hagin d'aprendre a reaccionar de manera eficaç (30). Aquesta tecnologia també pot ajudar a l'hora d'aprendre a pilotar un vehicle militar, com un tanc o un caça de combat.

A més, les simulacions de RV són més segures i menys costoses que els mètodes d'entrenament tradicionals i poden evitar que hi hagi cap risc greu o lleu per part dels professionals (*fig. Q*).

Per altra banda, la RV també es pot utilitzar per tractar el trastorn d'estrès posttraumàtic en soldats que hagin patit algun trauma en el camp de batalla (31). Si els usuaris se sotmeten gradualment a exposicions que desencadenen la seva condició, poden aprendre a afrontar-ne els símptomes en un entorn segur.

La RA també té molta presència en aquest àmbit per la quantitat de possibilitats que pot oferir pel que fa a ulleres o cascos militars avançats amb aquesta tecnologia. Per exemple, per a un pilot de caça, un casc intel·ligent li pot proporcionar informació crucial de l'entorn que l'envolta mentre vola a més de 1.500 km/h.



Figura P. RV connectada al benestar personal

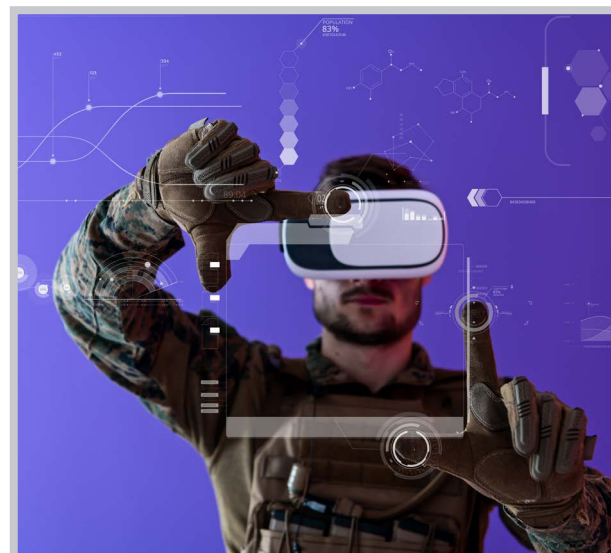


Figura Q. Entrenament de l'exèrcit en RV

Altres sectors

Molts altres sectors també aprofiten la RV, la RA o la RM per oferir noves experiències als seus usuaris. Per exemple, en el món immobiliari, la RV permet recrear propietats abans que s'hagin construït i mostrar-les a l'interessat (32). Per altra banda, la RA es pot fer servir, per exemple, per representar digitalment mobiliari a la llar de l'usuari simplement enfocant amb la càmera de l'*smartphone* o la tauleta tàctil (33).

En el sector del turisme, les persones poden experimentar rutes virtuals (*fig. R*) que ofereixen les agències de viatges a l'hora de triar destinació, o un cop l'usuari està fent turisme. Gràcies a apps de RA, poden enriquir la seva experiència de viatge amb la informació digital extra que els proporcionen quan enfoquen llocs emblemàtics amb la càmera de l'*smartphone* (34).

En el sector de la moda, es fa servir *software* de RV per construir botigues virtuals de moda, elaborar avatars 3D d'ajuda en el disseny o mostrar els dissenys en la pantalla de l'*smartphone* (35).

Pel que fa al sector de la construcció, es pot elaborar un projecte en un entorn virtual per tal d'oferir avantatges a l'hora, per exemple, de provar diversos factors sense el temps ni el cost de la construcció de l'estructura, reduint el nombre d'errors que hi pugui haver un cop l'immoble s'hagi edificat. Per altra banda, amb la RM, en una construcció es pot millorar la comprensió i la comunicació de condicions espacials complexes mitjançant la combinació del món real amb el món virtual (36).

Finalment, convé destacar el sector científic, que aprofita aquesta tecnologia per expressar idees complexes i conceptes, com és el cas de models moleculars o resultats estadístics.

Figura R. Ús de la RV per simular tours virtuals



4.1.1 El futur del 3D, la seva aplicabilitat en la RV i el seu impacte en l'àmbit de la salut

L'èxit de la RV no es limita als casos d'ús ja esmentats en aquest informe, ja que el desenvolupament actual en el camp del vídeo en 3D té com a objectiu revolucionar l'ús diari de certes tecnologies. Conceptes com vídeo volumètric³, hologrames i camps de llum⁴ han assolit una popularitat molt àmplia en el món de la recerca i aviat arribaran a tenir un impacte diari en la vida dels usuaris.

La manera com ens comuniquem ja és una de les primeres activitats afectades per aquesta revolució. Unint el vídeo volumètric amb sistemes d'enviament en temps real (com videoconferència), es pot arribar a la *Holoportation* (37) (fig. S), és a dir, al transport hologràfic, un sistema que permet que dues persones es comuniquin en temps real en un entorn de RV o RA. En el primer cas, ambdós es comunicaran en un escenari totalment virtual, i, en el segon, es trobaran projectats sobre el món real.

Tot i això, el vídeo volumètric també pot esdevenir una millora sense antecedents en les experiències de RV. De moment, en les experiències de RV més populars, l'usuari es troba representat com un avatar (fig. T), o, alhora, sense cap mena de representació. Els hologrames es poden projectar com a autorepresentació, per tal que l'usuari tingui la sensació de veure el seu propi cos, amb els moviments reals actuant al moment. Gràcies a aquesta revolució, molts dels usos esmentats podran guanyar una dimensió més humana i social.

Moltes activitats que necessitin una alta interacció o que comportin certs riscos es podran dur a terme de manera remota sense perdre els beneficis d'una comunicació presencial. L'aprenentatge professional o la formació en l'ús de màquines pesades i perilloses són exemples d'aplicacions en què una interacció humana natural afegiria una dimensió de realisme a entorns simulats.

Per últim, els sistemes basats en camps de llum (light fields) s'estan posicionant com els candidats principals per a la creació de continguts 3D d'alta qualitat i la representació tridimensional en pantalles hologràfiques (sense la necessitat d'un visor de RV/RA) (fig. U).



Figura S. Holoportation



Figura T. Usuari observant les seves mans representades en RV



Figura U. Ús de la RV per a entrenament quirúrgic

De fet, els sistemes de captures light field permeten la creació de continguts en tres dimensions gràcies a la possibilitat de conèixer l'angle d'incidència de cada raig que travessa les òptiques. Això crea un coneixement sobre la posició dels objectes en el món 3D i genera punts de vista idealment des de qualsevol posició.



Figura V. Pantalles hologràfiques en un cotxe

D'altra banda, els sistemes de representació que utilitzen la mateixa tecnologia, anomenats pantalles hologràfiques (fig. V), o autoestereoscòpiques, permeten la visualització de contingut tridimensional sense la necessitat d'utilitzar ulleres de RV o RA. Aquesta situació és ideal en situacions en què l'usuari necessita una visibilitat perfecta, com és el cas, per exemple, de conduir un vehicle.

Els beneficis dels avenços que ofereix aquesta visió tindran un impacte considerable en el sector de la salut. Si ens referim a l'aprenentatge, per exemple, gràcies al transport hologràfic, serà possible participar en remot en sessions presencials d'entrenament mèdic en entorns virtuals. Es podran compartir simulacions multisensorials, en què un instructor, per exemple, podrà reproduir una sensació física, un pes o un moviment i transmetre-ho als estudiants.



Figura W. Reconstrucció en 3D d'un cor

Aprofitant les tecnologies de camps de llum, en entorns mèdics es podrà fer un pas endavant en el camp de la cirurgia, com, per exemple, en l'endoscòpica. De fet, gràcies a l'endoscopi light field (38), el camp de visió limitat d'una càmera serà substituït per un sistema d'imatges amb menys presència d'oclusions i alhora amb la capacitat de veure a través de fluids tèrbols, amb presència de sang o altres situacions de baixa visibilitat.

Gràcies a tècniques de fusió entre tecnologies diferents i diverses, serà possible unir les imatges capturades per un endoscopi a la informació obtinguda mitjançant tecnologies d'escaneig corporal, com les ecografies, per crear reconstruccions en 3D de les cavitats humanes sense que calgui cap acció invasiva. Una operació de cirurgia endoscòpica tindrà aleshores una nova dimensió en termes de visibilitat per part d'un equip mèdic.

Englobant tots aquests casos d'ús a les noves xarxes o vies de transmissió d'alta velocitat i baixa latència (com el 5G), les aplicacions de RV/RA/RM es podran utilitzar no només per a l'aprenentatge o per a intervencions presencials, sinó també per dur a terme activitats que fins ara han requerit la presència de professionals i una actuació immediata. Situacions delicades com, per exemple, intervencions quirúrgiques, es podran fer efectives en remot gràcies a la RM en conjunt amb dispositius àptics (associats al sentit del tacte) (fig. W),.

Aquesta visió mostra el desenvolupament a mitjà i llarg termini de la recerca; en canvi, les aplicacions virtuals ja estan fortament arrelades en el sector sanitari.

3. El vídeo volumètric o vídeo hologràfic és la tècnica que captura el moviment en un espai tridimensional.
4. Aquesta funció caracteritza completament el flux de llum a través d'un espai obstruït en una escena estàtica amb il·luminació fixa.

4.1.2 RV/RA/RM en relació amb altres tecnologies com el 5G i el Wi-Fi 6

Gràcies a la col·laboració entre Huawei i la Fundació TIC Salut Social, s'ha pogut analitzar amb projecció futura quina serà la repercussió que tindrà el 5G o altres tecnologies de connectivitat en el camp de la RV/RA/RM en l'àmbit de la salut i de quina manera ens acompanyaran en la nostra vida diària en un futur pròxim.

És veritat que l'evolució dels dispositius de RV/RA/RM en els darrers cinc anys ha fet un salt qualitatiu molt significatiu. De fet, aquests dispositius han millorat en la línia de potenciar el seu efecte immersiu i els efectes del so 3D, així com en el fet de proporcionar una experiència de pantalla gegant IMAX.

Més enllà de les especificacions tècniques i el disseny, empreses com Huawei, entre d'altres, han acompanyat el llançament d'ulleres de RV amb una plataforma de contingut de més de 30.000 hores de reproducció d'alta definició i amb la previsió d'afegir-hi més pel·lícules, sèries i videojocs en els pròxims anys. Tal com va succeir amb plataformes com Netflix, Amazon Prime i Disney+, per esmentar alguns actors en el món de l'*streaming*, hi ha la possibilitat que, en els pròxims anys, la competició en la RV es traslladi del *hardware* a la generació i emissió de continguts. Per exemple, l'aparició de retransmissió exclusiva d'esdeveniments, com els partits de futbol i concerts, aplicacions en el món educatiu, cultural, empresarial, etc.

Per altra banda, és previsible un augment del percentatge de contingut 4K/8K, 3D i interactiu, cosa que requerirà cada vegada més amplada de banda i una latència mínima per a garantir una bona experiència a l'usuari. Ens referim a un mínim de 50 Mbps i una latència menor de 20 ms per usuari en aplicacions sobretot en l'àmbit de la salut. El format sense fil predominarà com a mitjà d'excel·lència per la llibertat de moviment que comporta.



Tot això significa que la nostra infraestructura actual de comunicació, sigui 3/4G o Wi-Fi n/ac, ja no serà viable per assolir aquest creixement de contingut i qualitat en RV. A més, és previsible que la RV sigui una de les aplicacions 5G fonamentals, així com el creixement exponencial dels terminals d'aquesta tecnologia. Donat que el recurs radioelectrònic de 5G és finit, també es preveu una actualització de les infraestructures Wi-Fi al nou estàndard, o simplement Wi-Fi 6, que comparteix moltes prestacions amb el 5G, sobretot en termes d'amplada de banda i baixa latència.

4.2 Aplicacions en Salut

La branca sanitària és una de les majors adoptants de la RV, que permet múltiples possibilitats, com, per exemple, el tractament de fòbies (39), la simulació de la cirurgia i l'entrenament d'habilitats (40) o el foment de la recuperació de capacitats cognitives (*fig. X*).

En entorns virtuals de formació, es poden representar sales de cirurgia, on els professionals sanitaris milloren les seves habilitats i n'adquireixen de noves en un entorn segur i controlat. Es poden recrear, també, situacions d'emergència sanitària, escenaris que són difícils de recrear en un entorn físic real (41). A més, es pot utilitzar per aprendre anatomia explorant dins del cos humà, desenvolupar simulacions de cirurgia o representar imatges tridimensionals del cos per tal que els estudiants de medicina les puguin explorar (42).

També es pot fer servir la RV per reduir l'ansietat i calmar el dolor (43), per exemple, en casos d'efecte de “membre fantasma” per amputació, o en persones amb fibromiàlgia.

A més, moltes empreses tecnològiques i centres hospitalaris aposten per portar a terme projectes de salut utilitzant tant la RA com la RM. Per exemple, els estudiants de ciències de la salut poden aprendre anatomia i interactuar amb hologrames en 3D que representen les diferents capes del cos humà (pell, músculs, vasos sanguinis, etc.) (*fig. Y*).



Figura X. RV per a rehabilitació

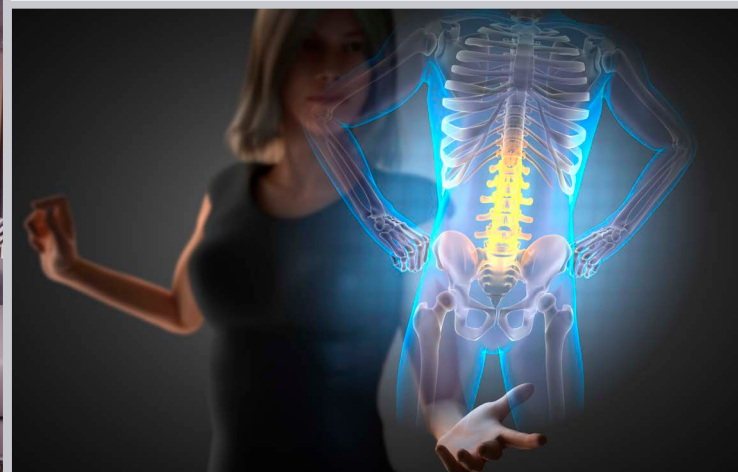


Figura Y. Representació hologràfica del cos humà en diferents capes



Figura Z. Ús de la RM per veure “a través” del cos



Figura AA. Representació d'usuaris en forma d'avatars hologràfics

Des del punt de vista quirúrgic, s'estan fent servir ulleres de RM als quiròfans durant les intervencions, per exemple, per visualitzar panells interactius que permeten als professionals accedir, consultar i manipular informació clínica del pacient en temps real, sense desviar l'atenció del camp quirúrgic (44) (*fig. Z*).

A més, tant la RA com la RM poden permetre endinsar-se en el mateix pacient mitjançant hologrames en 3D generats a partir de ressonàncies magnètiques (45) (*fig. AA*).

A més, es pot utilitzar aquesta tecnologia per tal que diversos professionals assistencials, des de llocs diferents, puguin participar en una mateixa intervenció de manera col·laborativa. Això s'aconsegueix connectant ulleres de RM en línia i representant en forma d'hologrames els professionals que no es troben físicament al quiròfan (46).

Per altra banda, cal destacar que el passat mes de febrer del 2020, l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona va utilitzar per primera vegada a l'Estat espanyol un holograma en 3D com a imatge de suport per fer una cirurgia d'alta complexitat. L'holograma permet recrear l'anatomia del pacient al qual s'està fent la intervenció. Es visualitza dins del mateix quiròfan en una piràmide de vidre d'uns dos metres d'altura, aproximadament, que mostra la imatge tridimensional a tots els professionals assistencials que estan participant en la intervenció (47).

5. DISPOSITIUS RV/RA/RM

Com a tecnologia emergent, el nombre d'empreses que es dediquen a la RV/RA/RM va incrementant considerablement, de manera que cada cop és més accessible mitjançant empreses i start-ups innovadores que s'introdueixen al mercat.

Actualment hi ha una gran diversitat de models d'ulleres de RV disponibles (fig. AB), des d'ulleres de baix cost per a mòbils fins a dispositius de gamma alta que permeten oferir una experiència més immersiva i de qualitat.



Figura AB Ulleres diverses de RV

Com en qualsevol dispositiu tecnològic, les funcionalitats i les característiques són el que diferencia unes ulleres d'unes altres i el que en marca el preu. A continuació se citen els factors principals que s'han de tenir en compte en qualsevol experiència de RV (fig. AC):

Incorporació de pantalla: habitualment això diferencia les ulleres de RV per a mòbils de la resta. En les ulleres que no la inclouen, s'introdueix el mòbil dins del mateix visor per tal que la pantalla del telèfon projecti les imatges.

Resolució de pantalla: com més alta sigui la resolució, millor serà la qualitat de les imatges que es projectaran en la pantalla del visor. Els textos seran més fàcils de llegir i les imatges que es projecten seran més definides, de manera que s'aconseguirà millorar l'experiència d'immersió de l'usuari.

Freqüència de refresc (Hz): és un número que especifica quantes vegades per segon canvia la imatge a la pantalla. Segons els experts, és recomanable que les ulleres de RV ofereixin un mínim de 90 Hz, ja que en freqüències de refresc menors podrien ocasionar marejos o malestar en els usuaris (48).

Capacitat gràfica (processador, RAM...): principalment, en els dispositius autònoms o també coneguts com a standalone.

Capacitat gràfica (processador, RAM...): principalment, en els dispositius autònoms o també coneguts com a standalone.

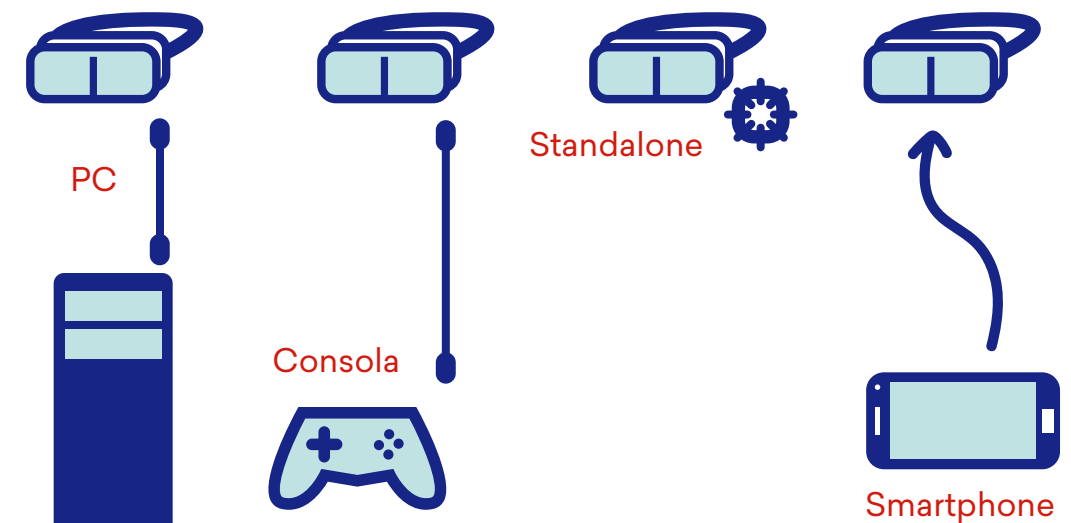


Figura AC. Connexions a altres dispositius segons els requeriments de diferents ulleres de RV

Ulleres no autònomes: necessiten connectar-se a un PC, si es connecten per cable o sense fils.

Accessoris: els que porta incorporat el mateix producte, com ara controladors i/o sensors externs. També hi ha diferències importants entre controladors més simples, que només serveixen per fer de punter, i altres de més avançats, amb diversos botons que detecten moviment.

Moviment: les ulleres de RV més simples només detecten el moviment rotacional del cap, però les més sofisticades poden detectar, també, el moviment translacional de l'usuari (si s'inclina, camina o rota tot el cos 360°, o fins i tot el mateix seguiment de la retina). A més, és important tenir en compte l'espai on l'usuari es mou i amb quina precisió es veu reflectit en l'experiència virtual (si hi ha retard en la resposta o no, és a dir, si els moviments reals de l'usuari són representats fidelment en l'entorn virtual). Algunes ulleres ofereixen fins a 3,5 m x 3,5 m d'espai de llibertat, però d'altres n'ofereixen fins a 10 m x 10 m, també segons la quantitat de sensors que es facin servir i la seva precisió. A més, els models més nous comencen a prescindir dels sensors externs, ja que els mateixos dispositius incorporen els sensors per detectar l'espai on es mou l'usuari, de manera que es facilita la instal·lació i l'ús de les ulleres.

Material: es poden trobar des de dispositius fets de cartró fins a d'altres de més resistents i ergonòmics, com és el cas de la fibra de carboni.

A continuació, es mostren alguns dels fabricants d'ulleres de RV/RA/RM més destacats (48) que hi ha al mercat, els visors que ofereixen i les característiques principals més destacables:

Empresa	Dispositiu	Detecció de desplaçament ⁵	Autònom ⁶	Controladors ⁷	Preu ⁸
FACEBOOK ⁷⁴	Oculus GO (2018)	No	Sí	Sí (1 unitat)	159 € (32 GB) 219 € (64 GB)
	Oculus Rift (2016)	Sí - Fa servir sensors externs	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	Sí (2 unitats) - Oculus Touch	No disponible al web oficial
	Oculus Rift S (2019) -Versió millorada de les Oculus Rift	Sí - No necessita sensors externs	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	Sí (2 unitats) - Oculus Touch	449 €
	Oculus Quest	Sí - No necessita sensors externs	Sí	Sí (2 unitats) - Oculus Touch	449 € (64 GB) 549 € (128 GB)
HTC ⁷⁵	Vive Cosmos (2019)	Sí - No necessita sensors externs	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	Sí (2 unitats) - VIVE Cosmos Controller	829 €
	Vive Pro HMD (2018)	Sí - Inclou dues estacions base per a un espai de 5 m x 5 m	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	Sí -S'han d'adquirir per separat	679 €
	Vive	Sí - Inclou dues estacions base per a un espai de 3.5 m x 3.5 m	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	Sí (2 unitats) - Controller	Fora d'estoc
	Vive Focus (2019)	Sí - No necessita sensors externs	Sí	Sí (1 unitat)	716,48 € + 159,90 € ¹²
MICROSOFT ⁷⁶	HoloLens 2 (2019)	Sí - No necessita sensors externs	Sí	No	3.500 \$ ¹⁴
SONY ⁷⁷	Playstation VR (2016)	Sí - Inclou càmera 2.0	No - Necessita connectar-se a la PS4 o un PC	Sí - S'han d'adquirir per separat (PS Move)	299 €

5. La detecció de desplaçament (o *positional tracking*) indica si el dispositiu, a més de detectar la rotació del cap com fan totes les ulleres de RV, permet, a més, detectar si l'usuari es desplaça, és a dir, si s'ajup, camina, s'inclina, etc.

6. Autònom (o *standalone*) indica si el dispositiu no necessita connectar-se a un altre dispositiu (per exemple, a un PC) per funcionar.

7. Els controladors o comandaments permeten detectar el moviment del braç. Els més sofisticats detecten, també, el moviment dels dits.

8. Preus obtinguts de la pàgina web oficial del fabricant en el moment de la creació d'aquest informe.

9. Ampliable a 10 m x 10 m amb quatre estacions base.

10. Aquest model obliga a adquirir un servei addicional de dos anys per 159,90 €.

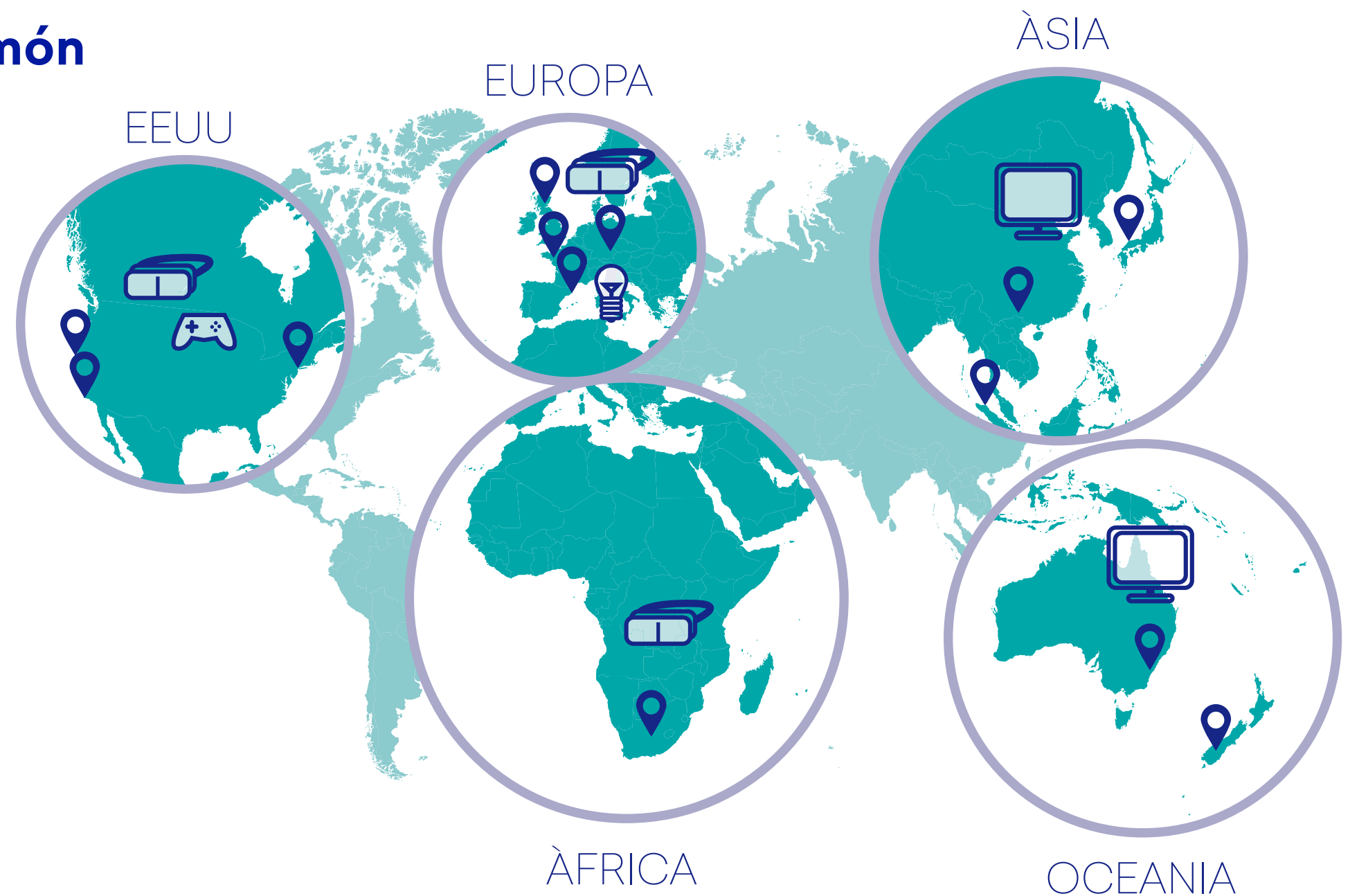
11. Microsoft ofereix, a més, altres opcions de compra (<https://www.microsoft.com/en-us/hololens/buy>).

Empresa	Dispositiu	Detecció de desplaçament ⁵	Autònom	Controladors	Preu ⁸
GOOGLE ^{78 i 79}	Glass Enterprise Edition 2 (2019)	No	Sí	No	1.195.00 \$
	Google Cardboard	No	No - Necessita incloure un <i>smartphone</i>	No	Des de 6 €
LENOVO ⁸⁰	Mirage Solo (2018)	Sí - No necessita sensors externs	Sí	Sí (1 unitat)	249,95 €
	Lenovo Explorer (2017)	Sí - No necessita sensors externs	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	Sí (2 unitats)	No disponible al web oficial
HP ⁸¹	HP Windows Mixed Reality Headset (2017)	Sí - No necessita sensors externs	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	Sí (2 unitats)	655,82 €
HUAWEI ⁸²	Huawei VR Glass (2019)	Sí - No necessita sensors externs	No - Necessita connectar-se a l' <i>smartphone</i> (només amb la sèrie de mòbils Huawei Mate 30, Mate 20 o P30) o a un ordinador que compleixi els requeriments mínims	Sí (3 unitats) - NOLO CV1 Air VR 3D Console Controllers	2.999 iuans (al voltant de 400 €)
VARJO ⁸³	XR-1 Dev Edition	Sí	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	No	9.995 €
	VR-2 Pro	Sí	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	No	5995 €
	VR-2	Sí	No - Necessita connectar-se a un PC que compleixi els requisits mínims	No	4.995 €
MAGIC LEAP ⁸⁴	Magic Leap 1	Sí	Sí	Sí (1 unitat)	2.295 \$

6. VISIÓ GENERAL A NIVELL MUNDIAL EN RV/RA/RM

6.1 Principals regions al món

Tal com passa actualment amb la major part de les tecnologies, la **realitat virtual** (RV), la **realitat augmentada** (RA) i la **realitat mixta** (RM) són productes profundament globalitzats. Totes les parts implicades en la investigació, el desenvolupament, la producció i la creació de continguts estan ubicades en diferents parts del món. Les regions més destacades a escala global en RV són Àsia, Europa i els Estats Units. Un informe de referència en l'àmbit de la RV/RA (34) ens permet obtenir una certa perspectiva de com s'està desenvolupant la RV a escala europea. De la mateixa manera, l'informe (49) apropa una sèrie de dades que s'han aglutinat i complementat amb la mateixa experiència de l'Observatori de la FTSS durant el 2018. A més, informes específics sobre l'estat d'implantació d'aquesta tecnologia a països concrets com Austràlia (50) o Nova Zelanda (51) ens han permès completar una visió global de la RV/RA. A continuació, es mostra una aproximació a les realitats de cada continent mitjançant els articles i els informes a què hem fet referència anteriorment.

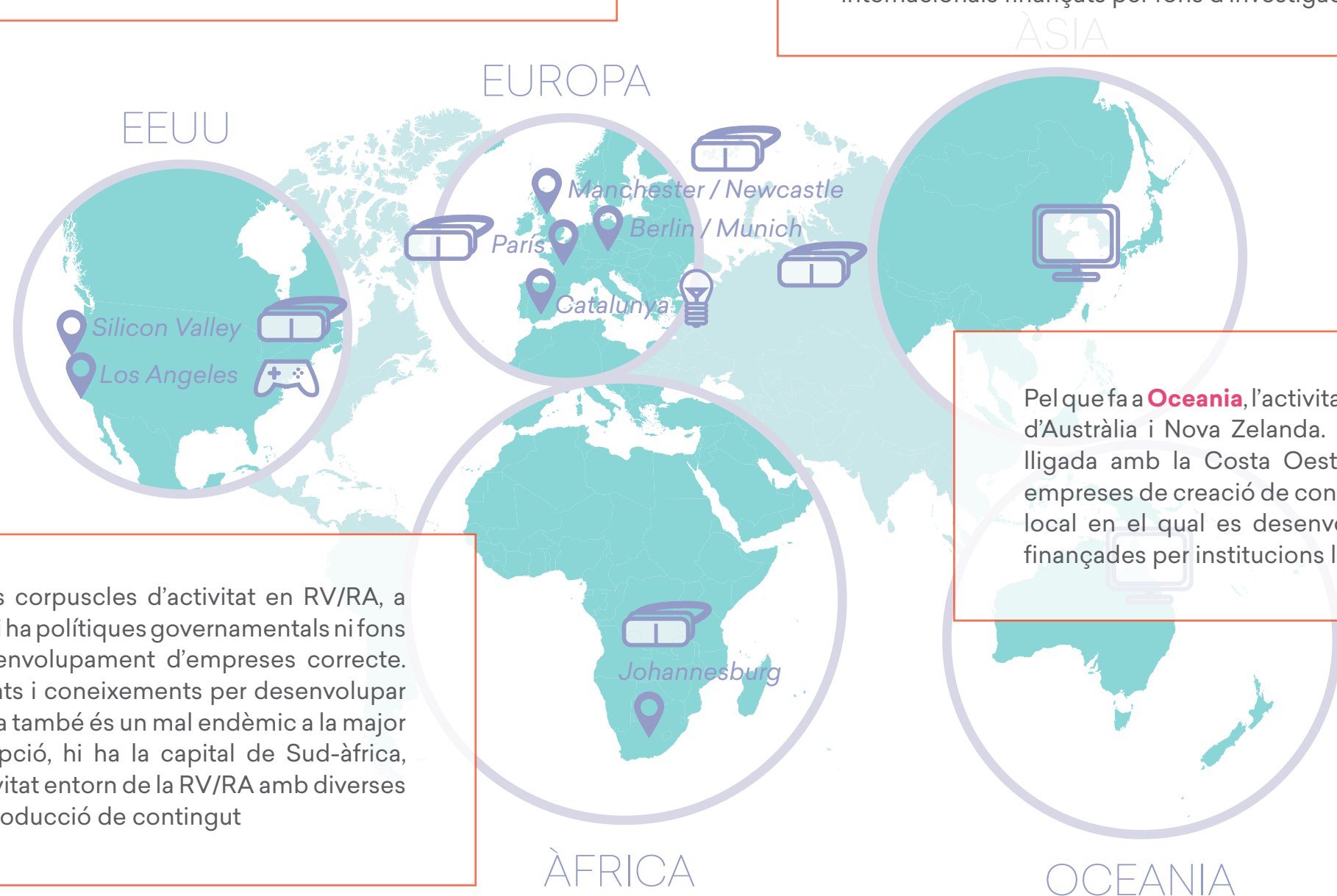


Els **Estats Units** d'Amèrica tenen una clara posició de lideratge en el mercat global de la RV/RA. La investigació i el desenvolupament tant de *hardware* com de software se centren a la regió de Silicon Valley, on radiquen empreses com Google, Apple o Facebook. Els grans estudis de videojocs establerts a Los Angeles són els principals productors de continguts per a RV/RA/RM que els exporten a escala global. Pel que fa al finançament, els Estats Units compten amb fons de capital risc especialitzats en RV i RA que fomenten la creació de noves empreses i solucions. Contrasta amb l'**Amèrica del Sud**, on hi ha molta menys activitat. Es pot afirmar que no hi ha empreses referents a escala global, però hi ha alguns centres tecnològics molt atomitzats. En general, no hi ha subvencions governamentals ni grans fons d'inversió per a la RV/RA.

Pel que fa a **Europa**, destaca la capacitat i la tradició investigadora de les universitats que destaquen pel desenvolupament de tecnologies d'alta especificitat. La investigació sol centrar-se en el desenvolupament de tecnologies complexes orientades a la indústria, en l'àmbit de la salut, etc. En termes generals, en l'àmbit de la RV/RA a Europa, destaquen diversos estats membres com a concentradors d'aquesta activitat investigadora: França, el Regne Unit, Alemanya, Suècia o Espanya (concretament, Barcelona) són els exponents principals d'aquesta activitat. En tot cas, les universitats europees tenen integrada com a mecànica de treball la generació de consorcis d'investigació, on col·laboren en projectes internacionals finançats per fons d'investigació europeus.

A **Àfrica** es poden trobar alguns corpuscles d'activitat en RV/RA, a països com Nigèria. Tot i això, no hi ha polítiques governamentals ni fons d'inversió que permetin un desenvolupament d'empreses correcte. La falta de persones amb habilitats i coneixements per desenvolupar projectes amb aquesta tecnologia també és un mal endèmic a la major part del continent. Com a excepció, hi ha la capital de Sud-àfrica, Johannesburg, que presenta activitat entorn de la RV/RA amb diverses empreses i Hubs centrats en la producció de contingut

Pel que fa a **Oceania**, l'activitat es concentra a les principals metròpolis d'Austràlia i Nova Zelanda. Es tracta d'una indústria profundament lligada amb la Costa Oest dels Estats Units i on destaquen les empreses de creació de continguts audiovisuals. Hi ha un fort mercat local en el qual es desenvolupen solucions ad hoc, impulsades i finançades per institucions locals i pel mateix govern



Si ens fixem en els països més destacats del continent europeu, podem veure quines són les institucions i els àmbits més rellevants als diferents territoris segons l'informe de l'any 2017 (34).

Pel que fa al **Regne Unit**, la seva capital es considera el node principal de la xarxa d'activitat en RV/RA. En general, el país compta amb un entorn favorable per les *start-ups* i el desenvolupament de projectes en RV/RA. L'accés a fonts privades de finançament i l'àmplia quantia d'inversions governamentals en innovació i tecnologia afavoreixen el dinamisme del sector i propicien un bon ritme de creació d'empreses i solucions, també, a ciutats com Manchester o Newcastle.

Londres actua com a *Hub* de referència a escala europea i disposa de fortes connexions amb altres *Hubs* com Pequín (Àsia) i Silicon Valley (Estats Units). Amb aquest últim es reforcen els lligams, ja que comparteixen idioma i un ampli historial de col·laboracions.

Les connexions a escala europea són molt fortes amb Berlín, els Països Baixos i França, dels quals reben coneixement tècnic.

A **França**, les ciutats de París i Laval són referents a escala europea i formen un fort node en l'ecosistema de la RV/RA. Cal destacar el desenvolupament d'aplicacions com a activitat principal en l'entramat francès de la RV. La indústria del disseny en 3D i les universitats i escoles de prestigi en la matèria han propiciat que el desenvolupament de continguts artístics i visuals esdevingui el seu motor principal en aquesta indústria.

Fa prop de dues dècades que la ciutat de Laval acull un esdeveniment de referència en el món de la RV, anomenat Laval Virtual, que transforma aquesta petita ciutat de la França occidental en la capital de la RV un cop l'any. Aquest acte, a més, ha propiciat la creació del Centre Virtual de Laval, un espai estable per a la creació i la investigació sobre aquesta tecnologia.

Tots aquests nodes i estructures estan reforçats a escala governamental amb una sèrie de polítiques que volen afavorir els productes d'alta qualitat produïts a França tant en el camp del *software* com en el del *hardware*.

Alemanya compta amb diversos nodes en RV i RA ben distribuïts pel territori. El seu node principal es troba a Berlín. La capital, amb la seva essència de creació disruptiva, posa al servei de la RV tot un ecosistema creatiu que impulsa continguts i aplicacions innovadores.

Al sud del país, trobem una cultura manufacturera representada en la indústria de l'automòbil, aeroespacial o biotecnològica. Aquestes grans empreses són, a la vegada, clients potencials per a la indústria de la RV/RA, a la qual demanen solucions per millorar en els seus processos industrials o bé per complementar els seus propis productes.

D'altra banda, la ciutat de Munich aglutina una prolífica indústria cinematogràfica i de continguts audiovisuals.

A més, Alemanya disposa d'un molt bon ritme en la creació d'*start-ups*. Tot i això, el seu creixement sovint queda aturat per una estructura empresarial molt consolidada que no permet que aquestes *start-ups* accedeixin al mercat que ja ocupen aquestes grans corporacions.

Les universitats i els centres de recerca segueixen la mateixa línia que les empreses. Podem observar que la Universitat Tècnica de Munich és referent en l'aplicació de la RV per al disseny industrial. Pel que fa a la regió de Brandenburg, la Universitat de Berlín o els clústers que hi operen estan centrats en la recerca de novetats en qualsevol àmbit, tot i que actualment destaca per l'aplicació de la RV, principalment, en l'àmbit de les neurociències.

Pel que fa a l'Estat **espanyol**, el principal actiu es basa en la creativitat i les habilitats dels seus professionals. Els preus competitius promouen una escena creativa en què les *start-ups* troben a Barcelona un espai propici per experimentar i desenvolupar noves solucions en RV/RA. Com a contrapartida, hi ha dificultats per captar subvencions i inversors per desenvolupar els projectes en comparació amb els països veïns.

A Catalunya, destaquen diverses institucions especialitzades en RV, com EventLAB, Barcelona RV, VR Centre Barcelona i Wayra. Les universitats del territori i les empreses compten amb diversos esdeveniments relacionats amb la RV/RA/RM, sigui perquè és la temàtica central de l'esdeveniment o perquè indirectament la RV i la RA tenen un espai en la seva programació. Alguns dels actes o esdeveniments més destacats són el Mobile World Congress, 4YFN, VR Thec, el Mercat 360° RV i RA de Barcelona, Expoelearning, Healthio i molts altres que consoliden l'ús d'aquestes tecnologies al territori.

EUROPA



Johannesburg

Aproximació a l'estat de la recerca en RV/RA a escala global

Pel que fa a l'aplicació de la RV/RA en el món de la salut, encara està subjecta a nombroses preguntes d'investigació, tant per la mateixa tecnologia com per les seves aplicacions. Per tal d'objectivar la manera com s'estan comportant els centres de recerca a escala global i el comportament de la recerca en l'àmbit de la salut entorn la RV/RA, a la FTSS s'han dut a terme una sèrie de revisions de la literatura científica que es pretenen abordar a continuació.

Tendència de la recerca en RV/RA

Per tal de conèixer la tendència en l'ús de la RV en el camp de la salut, s'ha fet una cerca bibliogràfica amb una cadena concreta ("Virtual Reality" AND "Health") que ens ha proporcionat una certa aproximació, en nombre de publicacions, a l'ús general i la recerca realitzada de la RV en l'àmbit de la salut. La cerca s'ha portat a terme en l'àmbit general utilitzant el metacercador Google Scholar i les bases de dades PubMed i Scielo, amb els següents resultats d'evolució en el nombre de publicacions en els darrers anys (fig. AD):

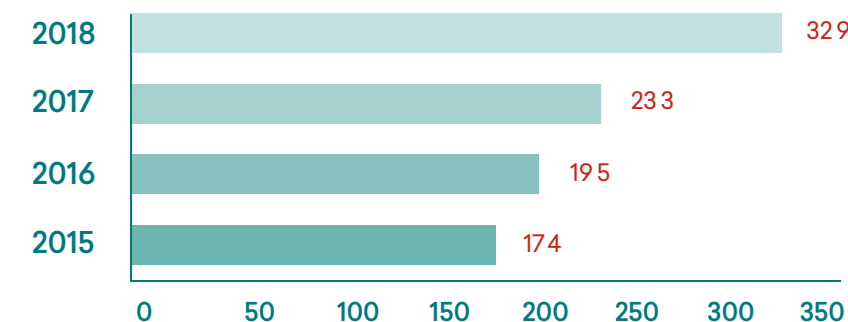


Figura AD. Nombre anual de publicacions de RV en l'àmbit de la salut (2015-2018)



Temàtiques en què es concentra la recerca

Per establir quines són les temàtiques més rellevants en RV, s’ha fet una cerca en els mateixos termes: “*Virtual Reality*” AND “*Health*”. En aquesta ocasió la revisió s’ha circumscrit a la base de dades Pubmed i la franja de temps ha estat reduïda a l’any 2018. De les 342 publicacions, un 27 % han estat excloses per no adequar-se a la matèria d’estudi. Després d’una anàlisi més exhaustiva d’aquestes publicacions, cal apuntar que el 28 % és d’accés obert mentre que el 71 % restant opta per una llicència privativa. Cal dir que el percentatge en favor de les llicències privatives està en consonància amb la mitjana europea de publicació científica en format *open access*, tal com apunten des de l’Observatori Social “la Caixa” (52).

Com es pot observar en la figura 45, el tòpic més tractat en recerca sobre RV en salut ha estat l’àmbit de la salut mental, seguit de les experiències en entrenament d’habilitats, les revisions sistemàtiques la rehabilitació, la recerca en cognició i set tòpics més que s’han identificat. A continuació, s’exposen les temàtiques principals i alguns dels articles que les representen i que s’han seleccionat de la revisió (fig. AE):

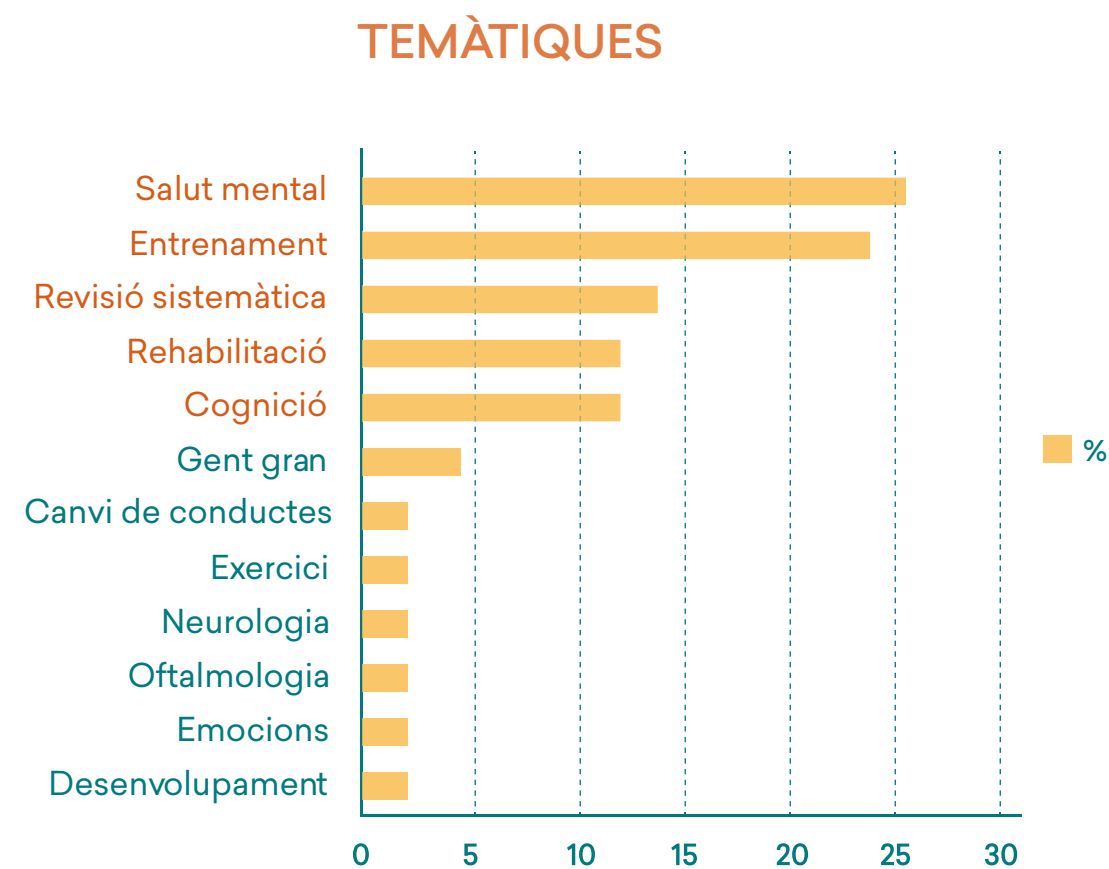


Figura AE. Temàtiques detectades en les publicacions de RV (2015-2018)

Salut mental

En aquest tòpic trobem espai per al tractament de fòbies (53) i psicopaties (54) i per treballar les habilitats socials (55), entre d’altres. És una temàtica àmplia que permet explotar la capacitat de la RV per construir realitats controlades en què els pacients s’exposen a diferents situacions que simulen entorns reals.

Entrenament/Formació

Pel que fa a l’entrenament d’habilitats, hi ha alguns estudis que pretenen validar la RV com a mitjà formatiu. En aquest cas, hi ha dues línies ben diferenciades: l’entrenament d’habilitats per a professionals de la salut (56) i l’entrenament d’habilitats en les persones amb alguna patologia (57).

Revisió sistemàtica

No es pot considerar una temàtica d’investigació com a tal, però creiem que és important destacar l’interès de la comunitat de recerca en l’evidència científica respecte a la RV. Un exemple seria l’interès dels investigadors de la Universitat de Bremen per conèixer l’evidència de la RV en un àmbit de la cirurgia (58). Un altre exemple seria l’interès dels investigadors de la Universitat de Katowice pel que fa a l’aplicació d’estàndards de realitat virtual en programes d’entrenament de l’equilibri (59), entre d’altres.

Rehabilitació

La rehabilitació ha estat una de les temàtiques més tractades pel que fa a la simulació en els últims anys, i les aplicacions en RV/RA no són una excepció. Un assaig clínic del tipus Randomized Controlled Trial, realitzat a la Universitat de Keimyung, de Corea, ens demostra l’efectivitat dels sistemes 3D-ARS per millorar l’equilibri en la vellesa (60).

Cognició

En últim lloc, cal destacar, com a temàtica força recurrent en l’aplicació de la RV, el camp de la cognició. Alguns estudis fan referència a la distracció com a eina per disminuir el dolor o l’ansietat en persones que se sotmeten a tècniques sovint doloroses o invasives, o bé abans d’una cirurgia (61).

Publicacions de RV/RA per països

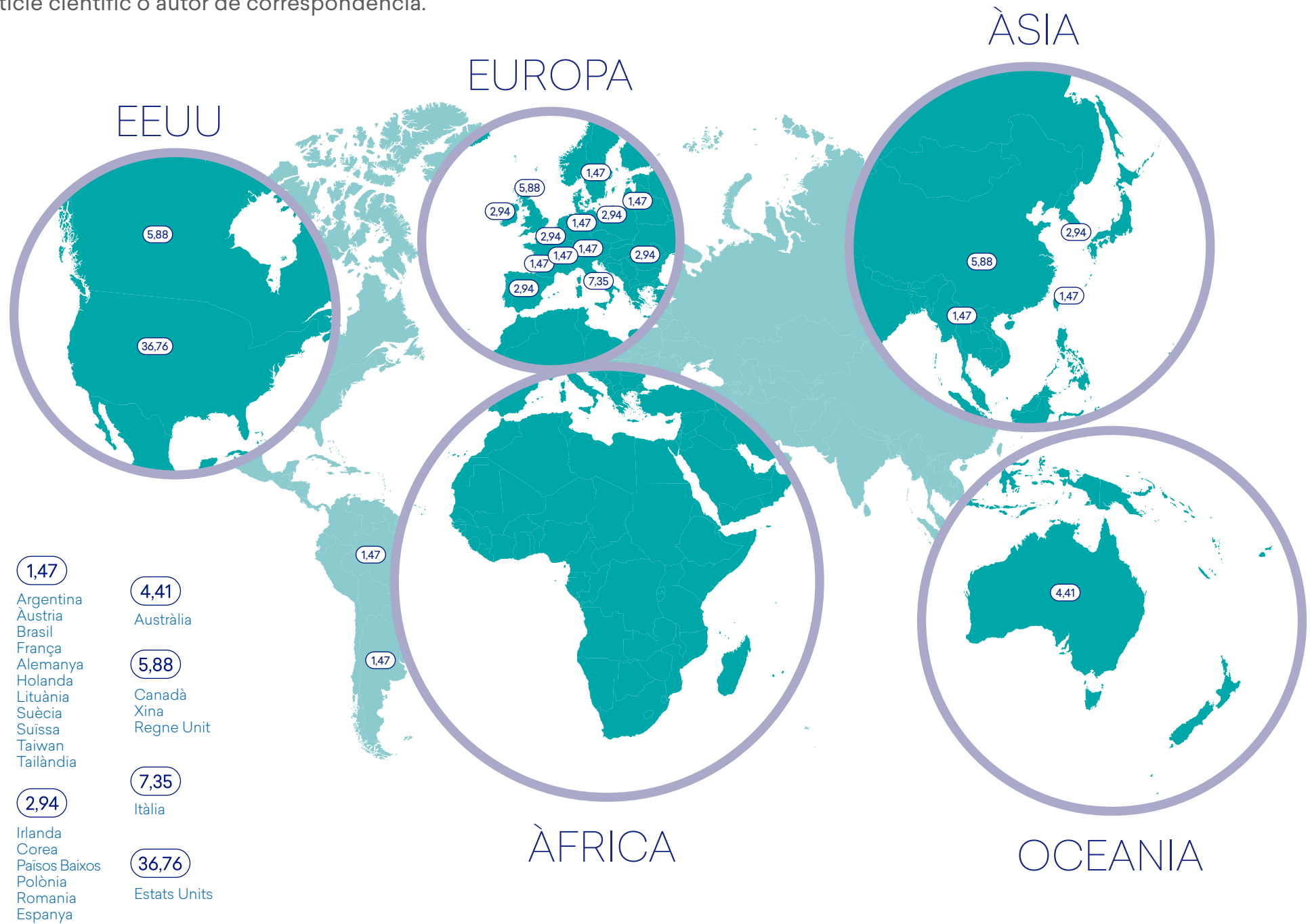
Per obtenir una imatge de la recerca que s'ha duta a terme al món durant el 2018, hem analitzat una part significativa d'aquests articles i n'hem extret algunes conclusions que permeten establir una comparació amb què corroborar el que diuen les consultores internacionals a les quals es fa referència al llarg d'aquest informe.

Per copsar aquesta informació, s'ha utilitzat la mateixa revisió de la literatura del 2018, dirigint el focus cap a l'origen de l'investigador principal de cada article científic o autor de correspondència.

Aproximació a la recerca a Catalunya

Pel que fa a Catalunya i seguint la mateixa cadena de cerca ("Virtual Reality" AND "Health") en una única base de dades, es pot observar que en els últims tres anys (2017-2019) la producció científica ha tractat principalment les mateixes temàtiques que s'han observat com a tendència a la resta del món. Val a dir que les publicacions que tenen com a investigador principal un membre d'una universitat catalana s'han centrat majoritàriament en les aplicacions de la RV en la salut mental.

Podem dir que la Universitat de Barcelona és la institució més productiva en RV, sobretot en l'àmbit de la salut mental. També trobem altres institucions, com la Universitat Autònoma de Barcelona, o programes/entitats com ICREA o EURECAT. Podria sorprendre que Catalunya no tingui un impacte més notable en la recerca de les aplicacions de la RV/RA en l'àmbit de la salut. Tal com hem vist en les anteriors fases de l'informe, Catalunya té una tradició de transferència de coneixement cap a producte. Això fa que bona part del coneixement generat l'utilitzin directament les empreses per generar solucions dirigides al mercat i que no siguin recollides en forma de publicacions científiques totes les innovacions que s'estan duent a terme al territori, o bé que, per polítiques de propietat intel·lectual (patents, registres...), l'opció de publicar no sigui la més idònia per al grup de recerca que porta a terme el projecte en qüestió.



6.2 Empreses o institucions destacades en salut

La RV/RA/RM s'engloba dins d'un ecosistema d'empreses i/o institucions que creen solucions tècniques, programaris i aplicacions destinades a la tecnologia. Les figures que es mostren a continuació s'agrupen en diferents àmbits, per tipologies d'empreses/institucions amb presència a Catalunya en tecnologies de la salut que hi ha actualment al món i que desenvolupen contingut en RV. Aquesta selecció s'ha extret de la base de dades de l'Observatori de la Fundació TIC Salut Social.

Cal assenyalar que pot ser que algunes empreses no quedin recollides en aquesta selecció. Així mateix, les que es presenten poden disposar de més àmbits d'aplicació dels que se citen.



SALUT MENTAL / TERÀPIES

Inclou projectes que tracten la superació d'ansietats i fòbies o la disminució de l'estrès, així com teràpies de RV per combatre trastorns de salut mental.

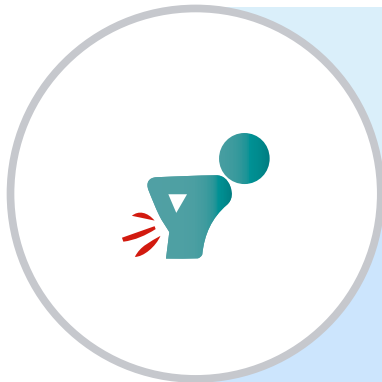
Psious	Virtual Bodyworks
Limbox	Zenmness
Humantiks	Eurecat



REHABILITACIÓ

Inclou projectes que proposen l'ús de la RV per a la rehabilitació de pacients, siguin rehabilitacions de fractures, neurocognitives, ictus, postoperatòries o altres patologies associades.

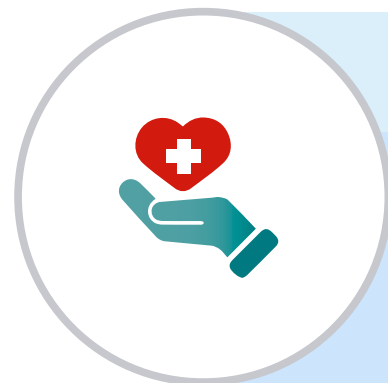
Visyon
Virtual Bodyworks



TRACTAMENT DEL DOLOR

Inclou projectes que proposen utilitzar tècniques de distracció amb RV per tal de disminuir el dolor del pacient.

Virtual Bodyworks



IMATGE 3D

Inclou projectes que utilitzen la RV per reconstruir en 3D imatges de diverses modalitats com tomografia computeritzada (TC), tomografia computada de feix cònic (CBCT), angiografia 3D o ressonància magnètica (RM). Aquestes representacions en 3D permeten, per exemple, donar suport al diagnòstic o millorar la planificació d'una intervenció quirúrgica.

TedCas
ELEM Biotech
Alma



ENSENYAMENT/ FORMACIÓ

Inclou projectes que proposen oferir experiències o activitats interactives en RV per tal de formar professionals.

AIS Channel
Humantiks
Zennness
TedCas



CIRURGIA

Inclou projectes que utilitzen visors de RV, RA o RM per millorar els procediments d'intervenció amb visualització hologràfica en temps real.

AIS Channel
TedCas
Plain concepts
Eurecat



TRACTAMENT DE LA VISIÓ

Inclou projectes de RV/RA/RM que permeten tractar trastorns físics, com ara trastorns de la visió.

Biel Glasses
Vivid vision
WIVI
Eurecat

6.3 Projectes catalans identificats a l'observatori de la FTSS

Moltes de les entitats proveïdores de salut del territori corresponents al SISCAT (Sistema Sanitari Públic Català) estan treballant en projectes relacionats amb la tecnologia de la RV, la RA i la RM. Mitjançant el nostre Observatori de la FTSS, a partir de l'any 2018 es va començar a recollir informació referent a aquesta tecnologia. A continuació es mostren els centres sanitaris que ja estan fent recerca, projectes o pilots, classificats en cinc àmbits d'aplicació.

Cal assenyalar que els centres poden haver anat ampliant els àmbits d'aplicació, així com altres centres del SISCAT que disposin de projectes en RV però que no estiguin recollits en aquesta selecció.

SALUT MENTAL

Ansietat, estrès, fòbies, trastorn per dèficit d'atenció i hiperactivitat (TDAH), trastorn de conducta alimentària (TCA) i pediatria, entre d'altres.

- 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

REHABILITACIÓ

Ictus, extremitats superiors, neurocognitiva precoç en cures intensives, avaluació cognitiva, pediatria, malalties neurològiques i postoperatoris, entre d'altres.

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

DISTRACCIÓ

Cirurgia ortopèdica, traumatologia, precirurgia, dolor, pediatria, al·lèrgies, radiologia i relaxació, entre d'altres.

- 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

FORMACIÓ

Cirurgia, broncoscòpia virtual i training, entre d'altres.

- 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

CONSTRUCCIÓ

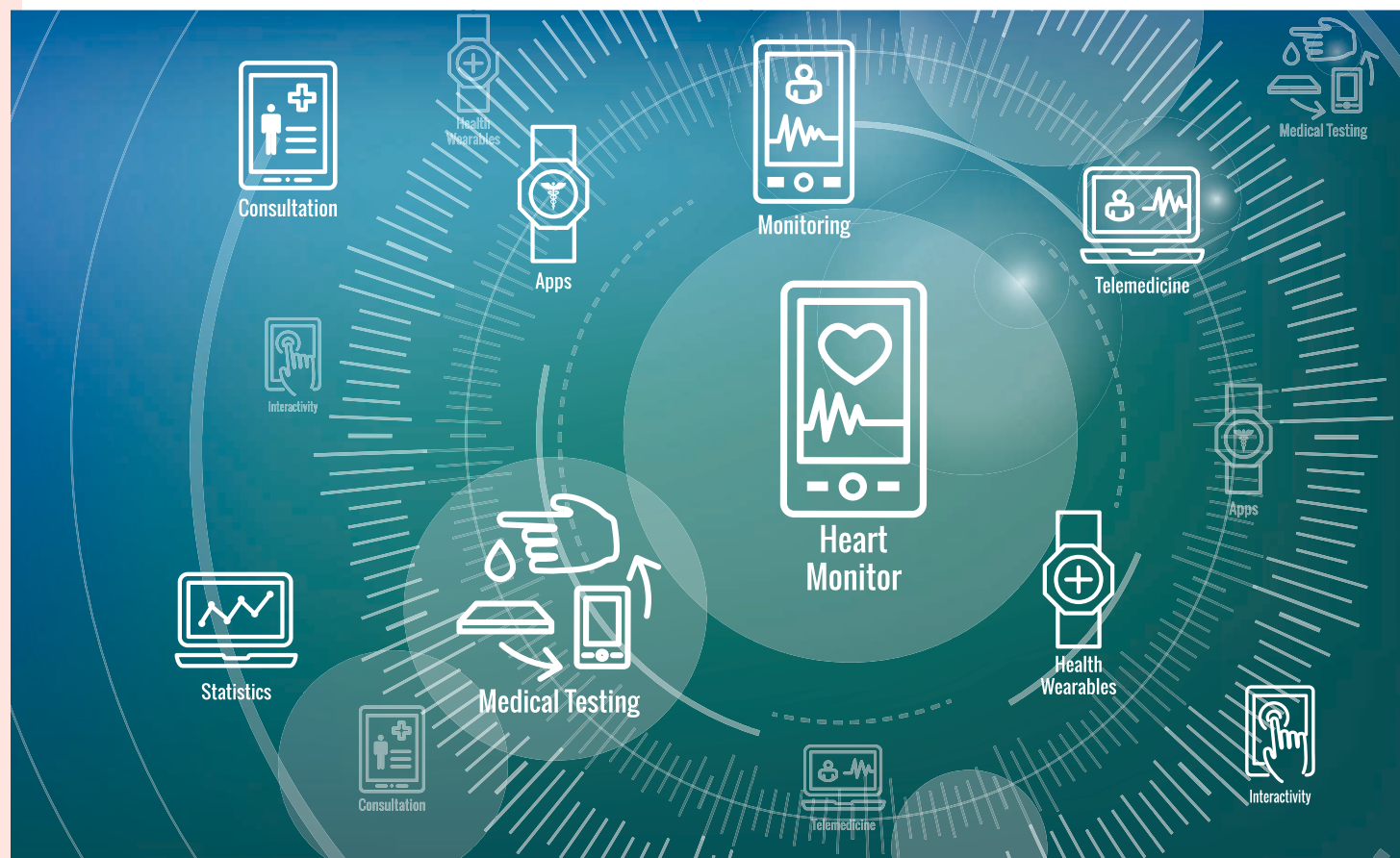
Assistència al disseny d'instal·lacions sanitàries.

- Hospital Clínic de Barcelona

7. ASPECTES CLAU PER INICIAR UN PROJECTE EN RV/RA/RM EN SALUT

Quan es vol iniciar un projecte en què es volen fer servir dispositius de RV/RA/RM, és important tenir en compte diversos elements clau que poden determinar-ne l'èxit o el fracàs.

No es pretén, amb aquest apartat, indicar tots els aspectes clau que cal tenir en compte quan s'inicia un projecte, que poden ser comuns a altres tipus de projectes relacionats (o no) amb altres tecnologies, sinó destacar els aspectes concrets que aquesta tecnologia pot implicar.



7.1 Detecció de necessitats i millora de processos

De manera similar al que succeeix en la majoria de nous projectes en què es vol implantar una solució, quan es vol iniciar un projecte de RV/RA/RM cal tenir ben identificats els motius pels quals la utilització d'aquesta tecnologia reportarà beneficis a l'usuari. Així mateix, cal qüestionar-se quines necessitats es volen cobrir amb aquesta tecnologia i quins processos es poden millorar o complementar:

Cinc processos principals en l'atenció en salut (62):



Procés 1: prevenció i benestar. És conegut que, per afavorir la prevenció de la salut, cal fer exercici moderat, seguir una dieta equilibrada i no tenir addiccions tòxiques (fumar, drogues, etc.). Tanmateix, encara que es pogués disposar de la millor atenció hospitalària vers la població, aquest fet no tindria l'impacte esperat si el procés previ de la prevenció en salut no es portés a terme de manera adequada. Alhora, val a dir que també cal que el sistema de salut s'involucri en la prevenció de futures malalties dels ciutadans. Alguns projectes treballen, per exemple, en el disseny d'aplicacions de (RA) per a la prevenció de l'obesitat infantil (63).

Procés 2: detecció de problemes de salut. Cal una actitud proactiva dels ciutadans per tal que els sistemes de salut puguin ajudar a solucionar els problemes de salut, i aquests sistemes, per la seva part, també han de ser proactius en la divulgació dels seus missatges entre la població. Així, per exemple, l'*screening* de càncer de mama (mamografia) permet la detecció de tumors petits o profunds no palpables; si aquests es desenvolupen sense tractar-los, les fases següents de diagnosi i tractament serien d'escassa ajuda. En aquesta línia, s'han desenvolupat projectes interessants de RV per a l'estudi del càncer de mama (64); la tecnologia de RV ens permet navegar a través de les cèl·lules tumorals i veure'n l'evolució.

Procés 3: diagnosi de malalties. La diagnosi mèdica s'estableix a partir de la identificació de símptomes, signes i troballes d'exploracions complementàries; aquest procediment és necessari per posar en marxa el següent procés de tractament. Cal destacar que en salut hi ha poques accions menys costefectives que fer una diagnosi equivocada, i que alhora el temps que es triga a aconseguir una diagnosi adequada sovint és crític per a la vida del pacient o les seqüeles que se'n puguin derivar. Pel que fa a la situació de l'Alzheimer, l'ús de la RV pot ser útil en la detecció de dèficits cognitius produïts per l'edat i la malaltia en concret (65).

Procés 4: tractament de malalties. Des de la perspectiva del pacient empoderat, es demana al professional de la salut tractar els pacients i els cuidadors com a col·laboradors iguals, i, a la vegada, respectar i aprendre sobre els seus objectius, valors i preferències. Així mateix, el pacient empoderat vol jugar un rol actiu en "l'equip de cura", sigui com a pacient o com a cuidador, demanar suport a altres cuidadors quan toca i cuidar-se per poder tenir cura dels altres. Les eines de RV poden esdevenir un atractiu instrument d'aprenentatge que els pacients percebin com a beneficis per ajudar a comprendre el seu estat de salut i millorar el seu estat d'ànim; per exemple, durant les sessions de tractament del pacient amb quimioteràpia (66).

Procés 5: proporcionar un bon final de vida. En una societat en què les persones cada vegada vivim més anys, la mort sovint no és una conseqüència directa de l'envelliment, sinó que sobrevé per alguna malaltia associada. Els progressos científics en aquest àmbit estan esdevenint exponencials i permeten que ens comencem a preguntar si algun dia, de la mà de les noves tecnologies, podem revertir un procés fins ara considerat inevitable. Així, per exemple, en el cas de cures pal·liatives en càncer, la RV pot donar una resposta més humanitzadora a necessitats i preocupacions de tipus físic, psicosocial i espiritual (67).

Adopció de nous processos i generació de coneixement en realitat virtual:

La innovació tecnològica i l'adopció de nous processos en qualsevol àmbit pot generar reticències, motiu pel qual cal promoure accions que facilitin i incentivin la gestió del canvi. Atès que les persones aprenem de manera diferent, es recomana dur a terme diferents tipus d'accions com, per exemple, organitzar un grup d'interès clínic liderat i format per clínics interessats en la matèria que debatin sobre l'estat de l'art en RV/RA/RM i que posin en comú aplicacions i projectes potencials; organitzar trobades o sessions dirigides a educar la població assistencial sobre els beneficis de la RV/RA/RM, o organitzar sessions de treball orientades a aspectes pràctics de la RV/RA/RM. Tot, amb l'objectiu de promoure la creació de projectes assistencials.



7.2 A qui va dirigit?

Actualment podem dir que principalment hi ha dos públics o tipologies d'usuaris clarament diferenciats pel que fa als productes derivats de la RV/RA en el sector de la salut.

En primer lloc, hi ha **les persones usuàries** del sistema de salut que se'n poden beneficiar amb un ús terapèutic, i, d'altra banda, **els professionals de la salut** que poden utilitzar aquesta tecnologia com a eina de millora en la pràctica clínica.

En qualsevol dels dos casos, cal tenir en compte que som davant d'una tecnologia que encara no és madura i, per aquest motiu, requereix noves formes d'interacció que encara no compten amb estàndards que les defineixin. Cada dispositiu i cada aplicació de RV/RA aplica les seves pròpies solucions i, per tant, difereixen l'una de l'altra. Tot i la corba d'aprenentatge necessària, la pròpia immersió fa que l'aprenentatge sigui ràpid. En tot cas, les experiències prèvies dels usuaris en el maneig de les tecnologies pot influir en la rapidesa de l'aprenentatge de la solució. Per aquest motiu, és important conèixer el perfil de l'usuari a qui ens dirigirem.

Per tal de conèixer el perfil d'usuari, cal tenir en compte tres conceptes importants:

Característiques demogràfiques:

edat, lloc de residència, professió, especialitat...

Llista de comportaments habituals: hàbits de consum de tecnologia, ús de videojocs, consum de formacions en línia...

Objectius, necessitats i creences personals: creences vers la tecnologia, temps dedicat a formació, temps dedicat a aprendre coses noves...



Cal complementar aquestes dades amb d'altres que siguin rellevants per a cada projecte, i s'haurien de tenir en compte per tal d'adequar l'ús de la tecnologia a la tipologia d'usuaris que formaran part del nostre projecte.

Per recollir tota aquesta informació es pot utilitzar una eina de *Desing Thinking* anomenada Customer Journey Map (CJM):

Costumer Journey Map

Definir el viatge de l'usuari ajudarà a comprendre la seva experiència en cada pas del camí/procés, des del principi fins al final. A més, ajudarà a identificar l'ecosistema implicat en tot el procés i tots els actors i en definirà els rols.

Analitzant els diferents processos, s'identificaran oportunitats de millora que podran ser abordades dissenyant una estratègia de transformació.

La metodologia que s'utilitza per dur a terme un CJM es basa, principalment, en grups focals i en grups d'interès i una anàlisi del context sanitari. D'acord amb els resultats dels grups i de les activitats d'anàlisi realitzades, es definirà el recorregut de l'usuari de manera detallada.

7.3 Quins tipus de dispositius es necessiten

El dispositiu que es farà servir vindrà determinat pel tipus de projecte que es vulgui realitzar, les necessitats que es vulguin cobrir i l'usuari final que experimentarà l'aplicació.

Primerament es decidirà si cal proporcionar un dispositiu de RV/RA/RM, segons si es vol fer un projecte totalment immersiu per a l'usuari (RV), si es vol que l'usuari interactui amb elements digitals superposats a objectes reals en l'entorn que l'envolta a través d'un *smartphone* o tauleta tàctil (RA), o si es vol que aquesta interacció amb elements digitals sigui més complexa i avançada incorporant l'ús d'ulleres de RM. També hi influeix si es vol que el resultat final sigui fàcilment portable, és a dir, si l'usuari ha de poder experimentar amb l'aplicació a qualsevol lloc (per exemple, a casa seva), o si el projecte està pensat per ser utilitzat en un lloc fix (per exemple, en una sala de cirurgia d'un hospital).

Realitat Virtual

En el cas que calgui un dispositiu de RV, és important decidir si el projecte es vol desenvolupar per a *smartphones* o no, tenint en compte les peculiaritats que aquest format ofereix. Si, per exemple, es té clar que el que es vol oferir a l'usuari és reproduir vídeo 360²², amb ulleres de RV per a *smartphones* n'hi haurà prou.

Si es tracta d'un projecte de RV que ha de generar escenaris en 3D, l'ús de la RV per a *smartphones* ofereix una sèrie d'avantatges, com la portabilitat, la possibilitat d'arribar a un públic molt més ampli (són moltes les persones que disposen d'un *smartphone* de gamma mitjana o alta que compleixi els requeriments mínims de l'aplicació de RV) i el preu (les ulleres de RV per a *smartphones* són més econòmiques, ja que no necessiten incorporar una pantalla ni hardware per reproduir el contingut de l'aplicació; el mateix *smartphone* fa de pantalla).

Tanmateix, també té els seus inconvenients, com ara les limitacions del mateix hardware dels *smartphones*, que acostuma a ser menys potent que una torre d'ordinador o un portàtil i, en conseqüència, la complexitat de l'entorn virtual que es vulgui representar per pantalla estarà limitat a aquestes característiques. A més, les aplicacions de RV per a *smartphone* no ofereixen tanta llibertat de moviment a l'usuari com fan les ulleres de RV més sofisticades com els models Oculus Rift S o Vive Cosmos. Encara que necessiten connectar-se a un PC, gràcies a les seves càmeres, sensors i controladors poden detectar amb precisió els moviments dels braços i dels dits, així com el desplaçament del mateix usuari dins d'una sala.

Semblants a aquest tipus d'experiències són les que poden oferir altres ulleres de realitat virtual com les Oculus GO o les Mirage Solo de Lenovo, que ofereixen els mateixos avantatges que les ulleres de RV per a *smartphones*, amb la principal diferència que són totalment autònomes i no necessiten *smartphones* per funcionar.

Si, per altra banda, es vol oferir una experiència de RV més immersiva, que permeti generar uns gràfics²³ més elaborats i complexos que puguin detectar el desplaçament de l'usuari i disposi de controladors per facilitar una interactivitat de qualitat, caldrà utilitzar ulleres de RV més sofisticades, habitualment connectades a un PC o a un portàtil.



22. Un vídeo 360 és una reproducció que ha sigut gravada amb una càmera especial que permet gravar vídeo en 360°. Posteriorment, el vídeo 360 es pot reproduir en ulleres de RV que en suportin el format.

23. Entenent "gràfics" d'una aplicació com "l'entorn visual generat per computadora que es reproduceix per pantalla".

Realitat Augmentada i Realitat Mixta

Si el que es pretén és que l'usuari/a pugui experimentar amb elements digitals superposats en l'entorn real que envolta el propi usuari/a, llavors s'ha de plantejar com es vol que sigui aquesta interacció.

Si es vol que l'usuari/a interaccioni amb els seus dits manipulant una pantalla, com pot ser la d'un *smartphone* o una tauleta tàctil, llavors és clar que no es necessita cap tipus d'ullera específica, sinó simplement el propi dispositiu mòbil (*smartphone* o tauleta tàctil). Realitzar una aplicació de RA, tanmateix ofereix els mateixos avantatges que els mencionats en l'apartat anterior quan es tracta d'una aplicació de RV per *smartphones*: la portabilitat, la possibilitat d'arribar a un públic molt més ampli i la no necessitat d'invertir en un dispositiu específic. Si per altra banda, el que es vol és que l'usuari/a pugui tenir les mans lliures, llavors sí que serà necessari utilitzar unes ulleres de RA com les Google Glass o bé de RM com el model HoloLens 2, aquestes últimes permeten la generació i interacció amb hologrames en 3D.

Aquests tipus d'ulleres, completament autònomes, permeten que la interacció de l'usuari/a amb els elements digitals pugui ser a través de veu o amb gestos de la mà. Per altra banda però, aquests tipus de dispositius tenen un preu més elevat, i en conseqüència no són dispositius que s'acostumin a distribuir en massa als usuaris finals, sinó que estan més pensats per disposar de poques unitats i fer-les servir en llocs específics de treball.

7.4 Recursos humans, tècnics i pressupost

El pressupost que es necessita, com en qualsevol projecte, depèn de la seva complexitat. Concretament, en un projecte de RV/RA/RM, afecten principalment tres factors: el *software*, el *hardware* i els coneixements tècnics per crear els continguts.

Per *software* ens referim als programes informàtics necessaris per editar i produir els continguts en format RV/RA/RM. Aquests softwares o programes informàtics habitualment es contracten mitjançant llicències anuals; una altra opció és el programari lliure de llicències, més conegut com a *open source*, que és gratuït.

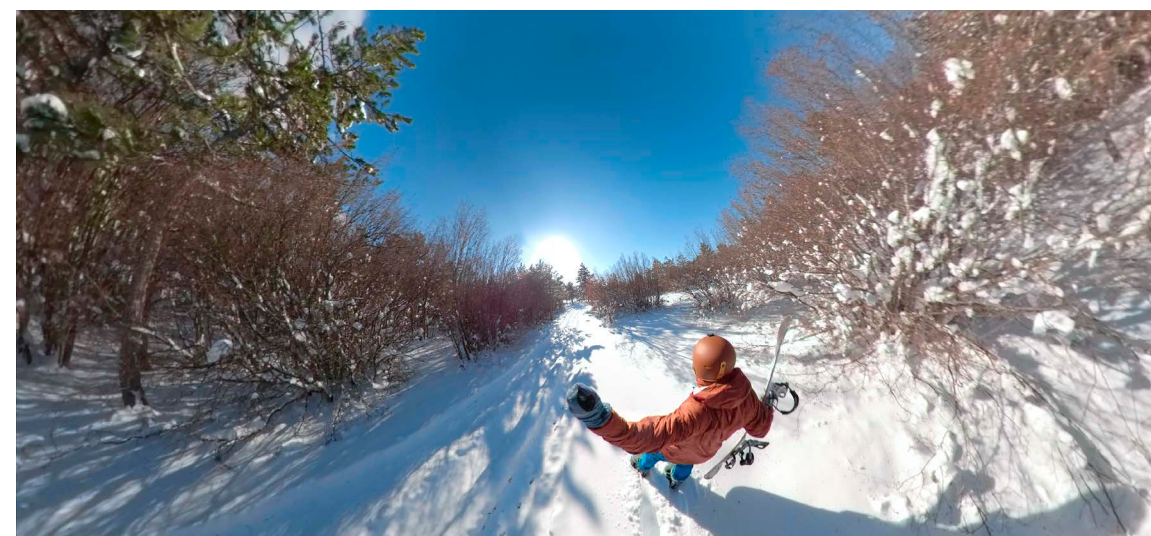
Per *hardware* ens referim als dispositius que es necessitin per generar i editar el contingut fins a l'obtenció de la peça: càmera, ordinador i dispositiu de reproducció com ulleres de RV.

Per últim, ens referim als coneixements tècnics com el valor intangible que ofereix un professional format i amb coneixements tècnics en l'àmbit audiovisual.

En el cas de la RV, s'ha de diferenciar si es tracta d'un vídeo immersiu reproduït en 360° i suportat per una aplicació desenvolupada en 3D i reproduïda, generalment, en un *smartphone*. En aquest cas, els costos que cal considerar són els següents: En el cas de la RV, s'ha de diferenciar si es tracta d'un vídeo immersiu reproduït en 360° i suportat per una aplicació desenvolupada en 3D i reproduïda, generalment, en un *smartphone*. En aquest cas, els costos que cal considerar són els següents:

Adquisició d'una càmera 360

Les més econòmiques tenen un preu de mercat al voltant de 50 €. El preu pot variar en funció de la marca, el model i les característiques. Hi ha opcions amb preus més elevats que poden superar els 1.000 € però, per poder comptar amb una càmera que ofereixi prestacions i resultats amb un estàndard de qualitat desitjable, la inversió haurà de situar-se entorns als 500 €.



Edició i postproducció del metratge

En aquest cas, el cost dependrà de la disponibilitat d'un ordinador amb components o *hardware* preparat per gestionar imatges d'alta qualitat i/o 3D. També caldrà tenir en compte les llicències de *software* corresponents per realitzar aquesta tasca. El cost aproximat d'un ordinador capacitat per a edició i postproducció d'imatges d'alta qualitat en 360° i/o 3D, juntament amb les llicències del *software* actualitzades, és de 3.500 €, aproximadament. Per a aquesta fase, es recomana comptar amb un professional d'audiovisuals atès que no tothom disposa dels coneixements necessaris i les eines per afrontar aquesta fase de treball.

El cost total estimat per poder afrontar la producció de continguts immersius en 360° i/o 3D oscil·la entre els 4.000 i els 5.000 €.

Adquisició d'unes ulleres de RV

Com s'ha exposat anteriorment a l'apartat 5, el mercat ofereix diferents possibilitats ajustades a les necessitats específiques de cada comprador. L'obtenció d'aquest dispositiu és recomanable per poder gaudir d'una experiència immersiva en totes les seves dimensions i avantatges.

Abans d'afrontar una inversió inicial aproximada de 5.000 € (IVA exclòs), es recomana planificar el volum de peces immersives en 360° que es vol produir. Un cop feta la inversió, l'únic cost addicional que cal considerar és la renovació anual de les llicències de *software* per a edició i postproducció. Es tractaria d'un paquet de cinc programes d'edició audiovisual i disseny gràfic valorat en 360 €.

Finalment, un altre aspecte que cal sotmetre a consideració és la disponibilitat d'un professional amb coneixements i formació tècnica en l'àmbit audiovisual. El valor intangible d'aquesta figura resulta difícil de valorar en termes monetaris.

Tenint en compte els aspectes plantejats, una opció òptima en la producció de continguts és la subcontractació completa del servei de producció (rodatge, edició i postproducció). D'aquesta manera no caldria fer cap inversió en l'adquisició de fungibles. L'execució del servei per part de professionals qualificats garanteix que les imatges enregistrades i la postproducció subsegüent presentaran resultats de qualitat.



El cost de la subcontractació, novament, variarà en funció de les característiques del producte esperat. A tall d'exemple, una peça audiovisual enregistrada en 360° amb una durada aproximada de 3 minuts pot suposar un cost aproximat de 3.000 € (IVA exclòs). En un pressupost d'aquestes característiques, poden destacar els conceptes següents: la fase de rodatge (conceptualització creativa, preproducció, guió tècnic, equip tècnic i material de rodatge) i la fase de postproducció (edició, etalonatge, grafisme, *render* i supervisió projecte).

En cas de trobar-nos davant de la creació d'una peça audiovisual estrictament en 3D i reproduïble en dispositius de realitat virtual (aplicable també a RA i RM), els recursos necessaris i els aspectes que cal tenir en compte varien substancialment, sobretot depenent de la complexitat buscada. Els principals factors que influeixen en la complexitat de la peça final són els següents:

Elements gràfics

Quantitat d'escenaris i objectes que cal recrear. Les tasques que cal tenir en compte són la conceptualització, el disseny, el modelatge i la texturització en 3D. Si escau, també cal considerar la creació d'animacions per als objectes.

Personatges

Quantitat de protagonistes (si escau) que cal recrear. Novament, disseny, modelatge, texturització²⁴ i animació.²⁵

Banda sonora i àudio

Creació/incorporació d'àudio, així com de melodies, si cal. Tant en aquest cas com en els dos anteriors, hi ha llibreries amb models, textures i sons que es poden trobar a Internet. Poden ser gratuïtes i lliures de drets d'autoria o de pagament, útils per agilitzar i facilitar el procés de desenvolupament de l'aplicació.

Cal tenir en compte que l'ús de recursos amb llicències lliures de drets d'autoria abarateix el procés creatiu però impossibilita obtenir un producte personalitzat. Per tant, l'aplicació tindrà menys impacte positiu en l'usuari.

24. Entenem per texturitzar l'acció de "pintar" els objectes 3D, sigui amb colors simples o amb imatges 2D per cobrir i simular una fusta, pedra, metall, etc., així com altres tipus d'imatges, com fotografies o patrons de diferents estils (85).
25. Entenem per animar l'acció de dotar de moviment a objectes o personatges en 2D o 3D.

Interactivitat

Programació de tots els elements necessaris que permeten a l'usuari interaccionar amb l'entorn, amb menús i altres opcions de navegació.

Hi ha diverses eines per programar aplicacions en 3D. CryEngine, Unreal Engine i Unity (fig. AF) són les més populars (68).

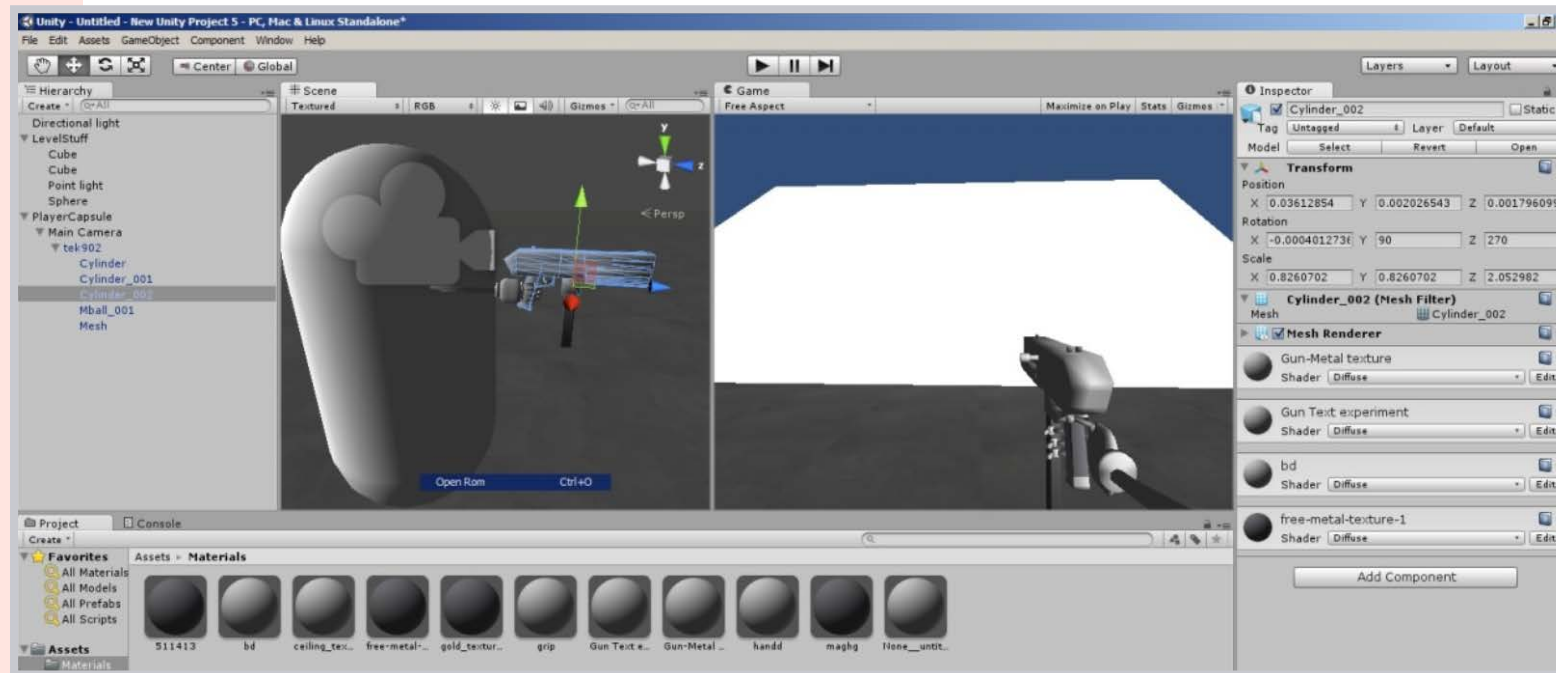


Figura AF. Eina Unity

Temps

Durada estimada de la interacció usuari-aplicació. Pot ser el temps que l'usuari mitjà necessita per completar la interacció amb l'aplicació entesa com a tasques o accions suggerides (en cas que hi hagi un ordre d'esdeveniments amb inici, desenvolupament i final, com en el cas dels videojocs *arcade*) o el temps necessari per explorar totes les funcions que ofereix.

Com més temps es requereixi per completar les accions, més complex serà el desenvolupament de l'aplicació i, per tant, més recursos caldran. És important que la durada de l'aplicació es dissenyi en sintonia amb la varietat de propostes que pot oferir per tal que no sigui repetitiva per a l'usuari, en mantingui l'interès i eviti l'avorriment.

Plataformes, dispositius i sistemes operatius

La plataforma i el dispositiu en què es vol reproduir el contingut és una de les primeres decisions que s'ha de prendre en iniciar el projecte. Si es vol fer per a *smartphones*, cal decidir-ne el sistema operatiu (Android, iOS o ambdues); també caldrà valorar l'ús de dispositius com tauletes tàctils, especialment en els casos d'aplicacions en RA.

Desenvolupar per a dispositius més sofisticats com les Vive Focus, Oculus Rift S o HoloLens 2 no implica necessàriament que la complexitat de l'aplicació augmenti respecte a una aplicació per a *smartphones*. No obstant això, és habitual invertir més recursos per aprofitar les possibilitats que aquests dispositius ofereixen: més llibertat de moviment, més potència gràfica o controladors de detecció de moviments precisos. A més, els preus d'aquests últims dispositius²⁶ poden ser més elevats que un *smartphone* de gamma mitjana, especialment pel que fa a les ulleres de realitat mixta com les HoloLens 2 de Microsoft.

En relació amb els dispositius i el tipus d'usuari a qui vagin dirigits, és important, també, tenir en compte com es vol fer arribar l'aplicació de RV/RA/RM al client, pacient o usuari final:

- Quins costos tenen aquests dispositius?
- S'han de proporcionar les ulleres o altres dispositius a l'usuari amb l'aplicació?
- Es poden reaprofitar els dispositius entre els usuaris?
- En cas que els dispositius els hagin d'adquirir els usuaris, tenen un preu de mercat raonable?
- En cas que l'ús de l'aplicació s'hagi de portar a terme en un lloc concret d'un centre, quines infraestructures es necessiten?
- Cal adaptar l'entorn per poder oferir connexió a Internet?
- Cal una sala específica per poder instal·lar unes ulleres de RV amb els sensors i PC?

26. Vegeu apartat 5. Dispositius RV/RA/RM (hardware).

7.5 Seguretat i manteniment

En termes de seguretat, hi ha diversos aspectes generals que s'han de tenir en consideració a l'hora d'incloure noves tecnologies emergents com la RV/RA/RM als centres de salut.

7.5.1 Seguretat de les dades

Les dades que es derivin de la utilització d'aquesta tecnologia han d'estar degudament protegides. Per tant, tots els centres han de complir amb la Llei orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals, publicada al Butlletí Oficial de l'Estat núm. 294, el dia 6 de desembre del 2018. Així es podrà complir amb el reglament i oferir una protecció òptima de les dades que es derivin dels estudis, pilots, etc. on s'utilitzin tecnologies com la RV/RA/RM.

Per altra banda, tots els estudis i projectes que utilitzin noves tecnologies emergents i tractin dades de pacients hauran de ser prèviament aprovats pel Comitè Ètic d'Investigació Clínica (CEIC) de cada centre corresponent. També, si escau, cal proporcionar al pacient un consentiment informat en què s'expliquin els riscos de privacitat i seguretat al qual quedarà exposat.



7.5.2 Seguretat per als usuaris i professionals

Abans d'iniciar una sessió clínica amb RV/RA/RM, l'usuari/pacient i el professional assistencial hauran d'estar documentats sobre els efectes i els riscos que poden tenir manipulant aquests tipus de dispositius.

Pel que fa a l'usuari que rep la sessió, aquest pot experimentar, principalment, marejos, desorientació, nàusees, mal de cap/orella (si hi ha so) o fatiga ocular. En cas de manifestar algun d'aquests símptomes, cal aturar la sessió immediatament. També és recomanable que l'usuari rebi una avaluació preintervenció per tal d'avaluar la seva compatibilitat amb el dispositiu i adaptar-lo a les seves necessitats.

El professional assistencial que manipuli el dispositiu haurà de seguir sempre les indicacions del fabricant de les ulleres. També és recomanable que assisteixi a una formació tècnica prèvia, per tal d'evitar, per exemple, danys amb la manipulació de l'objecte, tant en ell com en l'usuari. A més, és recomanable una vigilància constant en el decurs de la sessió amb l'usuari per tal d'evitar caigudes, cops o lesions i respectar els temps recomanats d'usabilitat del dispositiu. En cas d'utilitzar la tecnologia en cirurgia, cal seguir minuciosament les normes de seguretat establertes pel fabricant del dispositiu.

Cal destacar que s'han d'habilitar espais segurs als centres a l'hora d'utilitzar aquesta tecnologia i assegurar que no hi hagi obstacles durant la sessió, per evitar accidents a causa de la immersió fictícia a la qual l'usuari està exposat en aquell moment. En el decurs de la sessió, l'usuari no és del tot conscient de la realitat que l'envolta.

A més, tots els centres de salut disposen de les seves polítiques internes de seguretat. En el cas d'utilitzar dispositius RV/RA/RM, és recomanable disposar de protocols d'actuació davant de possibles fallades per detectar errors automàticament i generar avisos als professionals que estiguin manipulant l'eina, amb l'objectiu d'evitar accidents i que els resultats de les sessions quedin alterats.

Alhora, cal considerar la importància que tots els departaments dels centres de salut estiguin coordinats per tal de garantir la màxima seguretat en l'ús i la implantació de les noves tecnologies als centres.

Un altre aspecte que cal tenir en consideració és el manteniment en termes d'esterilització i higiene que cal fer dels dispositius per tal de garantir la seguretat dels usuaris i els professionals que els manipulen. Normalment, tots els dispositius van acompanyats d'un kit d'higiene. Es recomana seguir el procés d'esterilització i higiene amb les indicacions dels fabricants per tal de no fer malbé l'aparell a l'hora d'higienitzar-lo. També hi ha empreses que es dediquen a crear màscares i cascos de protecció higiènica d'un sol ús que són compatibles amb diversos fabricants d'ulleres existents actualment al mercat.

7.6 Aspectes ètics i legals

Quan els centres volen incorporar noves tecnologies com la RV, cal tenir en compte dos aspectes molt importants: l'ètic i el legal.

Pel que fa a l'**àmbit legal**, no hi ha una normativa concreta que reguli la RV, sinó que, tal com passa amb l'aplicació d'altres tecnologies en l'àmbit sanitari, s'ha de tenir en compte la legislació que regula el sector sanitari, la normativa de protecció de dades, així com la normativa reguladora dels drets de propietat intel·lectual.

Si bé és veritat que actualment no hi ha una regulació específica en l'ús d'aquest tipus de noves tecnologies en l'àmbit sanitari, recentment la Comissió Europea ha presentat la seva estratègia en relació amb dades i intel·ligència artificial, en què qualifica (69) el sector sanitari com a sector d'especial interès públic, i dissenya una sèrie de mesures que comportaran l'elaboració d'una normativa específica en aquesta matèria que garanteixi que les dades de salut es tractin de forma segura en aquest entorn. Dins d'aquesta estratègia, dedica una atenció especial a l'ús de dades en l'àmbit de les tecnologies com la Internet de les coses i la robòtica. Caldrà prestar una atenció especial si aquesta estratègia acaba afectant també l'àmbit de la RV. Convindrà fixar-se, doncs, en els pròxims canvis normatius que es puguin produir i que impactin en l'àmbit de dades i ús de tecnologies com la RV.

Distingim diversos blocs normatius que hem d'analitzar:

I. Normativa de protecció de dades

En primer lloc, cal tenir en compte la normativa de protecció de dades, concretament el Reglament (UE) 2016/679 (en endavant, RGPD) i la Llei orgànica 3/2018, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals (en endavant, LOPD-GDD). Aquesta normativa ens donarà el marc jurídic que haurem de considerar en tractar les dades personals en el marc dels projectes de RV.



Com que ens trobem en l'àmbit sanitari, les dades que s'utilitzin per desenvolupar projectes de realitat virtual seran majoritàriament dades de salut, i, com a tals, definides com a categories especials de dades que la normativa dota d'una protecció especial. Per analitzar quan podrem utilitzar dades en aquest entorn, haurem de tenir present el que estableixen els articles 9 i 89 del RGPD, que ens marquen les bases legitimadores de les categories especials de dades; concretament, l'article 89 regula l'ús de les dades de salut en l'àmbit de recerca. En el mateix sentit, haurem de tenir en compte la disposició addicional dissenyada de la LOPD-GDD, que regula l'ús de dades personals en l'àmbit de recerca.

A més de l'anàlisi de la base legitimadora que ens permeti utilitzar dades en l'àmbit de la RV, també haurem d'analitzar que la tecnològica compleixi amb totes les obligacions establertes pel RGPD, com, per exemple, les relatives a l'obligació de realitzar una avaluació d'impacte en determinats supòsits, l'adequació del tractament de dades al règim de transferències internacionals de dades regulat pel RGPD o el deure d'informació i exercici de drets dels titulars de les dades.

II. Normativa de recerca

En aquest àmbit serà especialment important determinar la natura de la solució de RV, des de l'òptica de la legislació vigent en matèria de productes sanitaris. Concretament, la legislació vigent, la Directiva 2007/47/CE, defineix un producte sanitari com:

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 solució de RV fa alguna de les funcions indicades en aquesta definició, tindrà la consideració de producte sanitari, i com a tal s'haurà de sotmetre als requeriments establerts per la legislació en la matèria, que actualment és la Directiva 2007/47/CE, però que en breu serà substituïda pel 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 consideració de les solucions de RV com a producte sanitari implicarà que abans d'implantar-se se n'haurà de fer un assaig clínic, i, per tant, obtenir el dictamen favorable d'un CEIm, segons el que estableix el RD 1090/2015, de 4 de desembre, pel qual es regulen els assajos clínics amb medicaments, els Comitès d'Ètica de la Investigació amb medicaments i el Registre Espanyol d'Estudis Clínics.

En cas que la solució de RV no tingui la consideració de producte sanitari, igualment haurà de sotmetre's al dictamen d'un CEIm, que dictaminarà, en funció del disseny de l'estudi, l'adequació a la normativa reguladora corresponent. En aquest sentit, s'haurà de tenir en compte la Llei 14/2007 d'investigació biomèdica.

Finalment, en aquest punt també tenen una incidència les diferents recomanacions internacionals relatives a ètica en l'àmbit biomèdic, com és el cas de la Declaració de Hèlsinki, les Guies ètiques internacionals per la recerca biomèdica amb éssers humans de la CIOMS o la Declaració Universal sobre Bioètica i Drets Humans de la UNESCO.



III. Normativa relativa als drets de propietat intel·lectual i industrial

Un altre aspecte que s'haurà d'analitzar és el règim de drets de propietat intel·lectual i industrial aplicable a les solucions de RV. En aquest sentit, hem d'analitzar el Reial decret legislatiu 1/1996, de 12 d'abril, pel qual s'aprova el text refós de la Llei de propietat intel·lectual, així com la normativa principal en matèria de propietat industrial.

Serà bàsic determinar en el marc de creació de les solucions de RV a qui pertanyen els drets, així com protegir adequadament aquesta solució.

En el desenvolupament d'aquestes solucions de RV en l'àmbit sanitari, hi haurà diferents actors involucrats, empreses del sector privat, centres hospitalaris i de recerca i els mateixos investigadors. Un dels punts que també s'haurà de garantir és la participació dels investigadors que han participat en el desenvolupament de la solució de RV en els beneficis que aquestes puguin generar, d'acord amb el que estableix la Llei 14/2011, d'1 de juny, de la ciència, la tecnologia i la innovació.



IV. Normativa relativa als drets dels pacients

Quan apliquem una solució de RV a l'àmbit sanitari, sempre que aquesta es produeixi en el marc d'una assistència a un pacient, hem de considerar el que estableix la Llei 21/2000, de 29 de desembre, sobre els drets d'informació concernent la salut i l'autonomia del pacient, i la documentació clínica.

Aquesta normativa, entre altres aspectes, regula els requisits del procediment informatiu i de consentiment que s'ha de portar a terme en les intervencions assistencials. Aquesta norma regula com ha de ser el procediment informatiu i de consentiment del pacient en funció de si l'activitat assistencial es considera intervencionista o no. En aquest punt, quan s'utilitzi una solució de RV per fer assistència, s'haurà de valorar, més enllà de la informació establerta per la normativa de protecció de dades, com s'haurà d'informar el pacient de l'ús d'aquesta tecnologia i la necessitat que aquest n'hagi de consentir l'ús en el marc d'una activitat assistencial.

En el camp de l'ètica aplicada a la tecnologia, hi ha diversos autors referents per la seva trajectòria en l'estudi del trinomi ètica, tecnologia i tenir cura. En aquest informe ens hem centrat en les teories de la Dra. Ingunn Moser, professora de sociologia i estudis socials de ciència, tecnologia i medicina a la Universitat VID d'Oslo, Noruega. Ha estat rectora de la Universitat de Diakonhjemmet i degana de la Facultat d'Infermeria de la mateixa universitat a Oslo.

Moser proposa una sèrie de qüestions que permeten analitzar les solucions tecnològiques aplicades a tenir cura, des d'una vessant ètica (70). Són preguntes que qualsevol professional tecnològic o clínic que utilitzi o desenvolupi aquest tipus de solucions en RV hauria d'intentar formular-se i reflexionar. Aquestes preguntes volen ser un punt de partida per generar una reflexió dinàmica que evolucioni al mateix temps que ho fan les tecnologies i els serveis que presten.

A continuació es plantegen aquestes preguntes amb una reflexió genèrica, que creiem que comprenen un percentatge ampli dels projectes de RV aplicats a la salut que existeixen actualment. Tot i això aquesta reflexió també podria ser aplicada a altres tecnologies:

1. Reflexions entorn dels reptes i les necessitats	A l'hora de definir les funcionalitats de les solucions de RV, serà clau la participació dels usuaris, els professionals, les empreses i, en definitiva, totes les parts implicades en el procés, en la identificació de necessitats. En aquest sentit, caldrà prestar especial atenció en les qüestions següents: Quines necessitats tenen prioritat, quins actors són escoltats i si se'ls dona l'oportunitat de participar. Aquests que hi participen són realment els representants de la majoria? Es defineixen les necessitats en funció dels estudis? Altres elements clau inclouen com s'articulen i es negocien els diferents interessos i relacions de poder en el procés, les conseqüències que això té per als involucrats i la mesura en què la definició de necessitats està subjecta a avaluació, aprenentatge i millora.
2. Valors que cal fer patents	La mateixa tecnologia necessària per desenvolupar projectes de RV, tal com hem comentat a l'inici, ja fa palesos de manera intrínseca una sèrie de valors. Aquests no depenen del desenvolupador de la tecnologia, sinó més aviat de característiques físiques, circumstancials o socioculturals. En tot cas, la part que ens interessa destacar és la dels valors diferencials de cadascun dels projectes de RV i la manera com es prioritzen i s'equilibren. En el mateix sentit, és interessant cercar indicadors de procés que es refereixin a aquests valors. Si considerem, per exemple, que el nostre projecte de RV té com a valor la inclusió de persones amb dificultats visuals, seria pertinent definir uns indicadors que ens permetin corroborar-ho, del tipus: percentatge de persones amb dificultats visuals que utilitzen la nostra eina; percentatge d'usuaris que activen l'opció de "dificultats visuals"; nombre d'usuaris amb dificultats visuals recurrents a la plataforma.
3. Actors involucrats	En aquest espai, la Dra. Moser proposa esbrinar quins actors hi estan involucrats i en què condicions ho estan. El punt de partida és que no només ens podem centrar en els usuaris i cal identifiquem els actors reals i rellevants que exerceixen un paper perquè funcioni una solució tecnològica. En aquest context, un actor és simplement algú o alguna cosa que exerceix un paper i influeix i fa que les coses succeeixin.
4. Distribució de rols, tasques i responsabilitats	Les noves solucions de servei, incloses les relatives a la RV, van acompanyades de nous rols, tasques i responsabilitats. La distribució de rols, tasques i responsabilitats canvia, i la redistribució habitualment forma part dels requisits previs pel servei ofert. Afecta els usuaris del servei i les seves famílies, així com professionals de la salut, un altre personal de cures de salut i els proveïdors de serveis. En el cas que ens ocupa, la RV/RA ofereix un nou rol potencial. Probablement, en el camp de la RV aplicada a tenir cura de les persones, apareix o ja existeix la figura de "l'administrador de realitats", una figura que s'encarregaria d'administrar la realitat de la persona que s'està beneficiant de la solució de RV. Són uns administradors que podrien variar la realitat virtual per tal d'oferir canvis rellevants en el tractament, diversitat de situacions per potenciar un millor entrenament, etc. Aquesta figura probablement s'enfrontaria a reptes d'acceptació per part de la resta de professionals. Al principi no tindria reconeguda la seva vàlua i molt probablement caldria definir exactament les seves tasques i les seves responsabilitats.

5. Competències, capacitats i altres recursos requerits	Arran dels nous rols i les noves tasques que sorgeixen per conformar l'equip que implementarà la nova solució, haurem de definir noves competències i capacitats. Cadascun dels membres i actors implicats requerirà un conjunt de competències i capacitats que probablement no s'hauran definit amb anterioritat i que suposaran un repte en si mateixes. En aquest equip també s'inclou l'usuari i els familiars que poden ajudar-lo a adquirir aquestes competències quan calgui, de la mateixa manera que se li podrien delegar algunes tasques o responsabilitats. Des del punt de vista operatiu, és important considerar la necessitat que la persona cuidadora, sigui professional o no, tingui competències en tecnologies. Concretament, en la solució que nosaltres voldrem implementar. D'aquesta necessitat sorgeixen dues preguntes clau: quin tipus de competència necessiten?, i, d'altra banda, quin tipus de formació serà necessària? Respecte a les noves solucions en RV i als professionals que les implementen, podríem dir que, mentre que abans observaven i interpretaven els senyals de persones al seu entorn, al passadís de casa seva, a l'hospital o en un altre entorn, ara és possible que hagin d'observar una estació de treball per valorar una sèrie de dades extretes del seu comportament en un entorn virtual, molt més exhaustives i mètriques en contingut però també molt més complexes d'interpretar. Aquestes situacions requereixen que els professionals de la salut i els proveïdors de serveis desenvolupin noves habilitats i eines per a l'observació i la interpretació en aquests entorns. Finalment, però no menys important, hi ha la qüestió de la capacitació en forma de temps i recursos laborals. Quan s'assignen nous rols, tasques i responsabilitats als professionals de la salut, aquests han de tenir el temps per dur-los a terme.
6. Avaluació, negociacions, ajustos, adaptacions i processos d'aprenentatge	La darrera qüestió està relacionada amb l'avaluació, les negociacions, els ajustos, les adaptacions i els processos d'aprenentatge (70). Cal destacar que, per implementar una millora constant en els projectes, és important entendre l'avaluació com un punt inicial i no com la seva finalització. En un projecte de RV, l'oportunitat de generar uns mecanismes de canvi que garanteixin l'evolució de la solució en una direcció adequada s'iniciarà en el moment que establim la primera avaluació i s'aplicarà durant tot el temps que el projecte estigui actiu.

8. Conclusions

A mitjan segle XX ja es comencen a fer estudis en què es parla del concepte de realitat virtual. Tanmateix, és el 2012 quan el concepte arrela, amb la presentació del primer kit de desenvolupament amb les Oculus Rift. Arribats, doncs, a aquest punt de l'informe, volem destacar diverses idees que considerem clau o més rellevants:

Des del 2018, la RV ha desaparegut del Gartner Hype Cycle. Això significa que, per a Gartner, la RV ja no és una tecnologia emergent i experimental, sinó que esdevé quelcom útil i usable.

En els darrers anys, el mercat de la realitat virtual (RV), així com el de la realitat augmentada (RA) i la realitat mixta (RM), s'ha vist incrementat exponencialment. El 2019 va ser l'any en què es van vendre més ulleres de RV; concretament, més de 6 milions a tot el món (71). S'espera que aquesta xifra continuï creixent en els pròxims anys.

Alguns dels factors clau que han fet possible arribar a aquesta xifra, tant des del punt de vista de software com de hardware, han sigut, principalment, la reducció de costos dels principals dispositius, la millora de les prestacions i l'increment de l'oferta i l'accessibilitat d'aquesta tecnologia.

Actualment ja s'està avançant, també, en la línia de lents de contacte i hologrames, que fan encara més versemblant la RV/RA/RM. Paral·lelament, l'evolució de dispositius de RA, i particularment de la RM, tendeix a normalitzar-ne l'ús, especialment en les sales de cirurgia, ja que agilitza els procediments que porten a terme els professionals assistencials gràcies a la informació sobre el pacient proporcionada en temps real, o a la possibilitat de representar hologrames en 3D de parts del cos del mateix pacient.

S'evidencia d'una manera clara que les aplicacions de la RV/RA/RM són transversals donat que arriben a la major part dels sectors de la societat del coneixement (industrial, entreteniment, seguretat, educació, esports i salut, entre d'altres).

A mesura que el 5G o el Wi-Fi 6 evolucionin, altres tecnologies com la RV/RA/RM se'n veuran directament beneficiades, ja que podran augmentar les possibilitats i els avantatges per a l'usuari.

Veiem una tendència clara en l'augment del nombre de projectes de RV/RA/RM (tant en el sector públic com en el privat) en l'àmbit de la salut arreu del món, i també a Catalunya. De fet, diferenciem l'aplicabilitat d'aquests projectes en especialitats mèdiques com la salut mental (fòbies i trastorns de conducta), rehabilitació (física i cognitiva), distracció o tractament del dolor, formació (principalment quirúrgica i anatòmica) i planificació d'infraestructures sanitàries.

L'ús de RV/RA/RM facilita el desenvolupament de noves habilitats i la formació entre els usuaris de la salut (professionals assistencials i pacients). Així, per exemple, disminueix la corba d'aprenentatge, de manera que afavoreix l'assimilació de conceptes abstractes, potenciant la col·laboració o augmentant la motivació.

Cal tenir en compte les consideracions i els aspectes legals i ètics d'aquesta tecnologia a l'hora d'implementar-la, en qualsevol àmbit, sobretot en el camp de la salut.

Les principals aportacions científiques en el camp de la RV/RA/RM en salut a Catalunya són principalment en l'àmbit de la salut mental (és també on trobem més certeses i estudis amb resultats clarament beneficiosos).

Com sistematitzar/adaptar aquesta tecnologia en el sistema públic de salut (almenys a Catalunya) és el repte principal i cal treballar en la línia per propiciar polítiques o estratègies d'incorporació de tecnologia basada en valor. En aquest sentit, el Grup d'Interès de RV en Salut a Catalunya, que ha establert i coordina la Fundació TIC Salut Social amb professionals i experts en aquest àmbit, és clau per generar coneixement, assessorar i establir criteris també de cara al futur en la sistematització d'aquesta tecnologia en l'àmbit sanitari públic al nostre país.

L'ecosistema sanitari català ja està utilitzant aquesta tecnologia. Alguns centres sanitaris, així com les empreses i start-ups catalanes, estan impulsant projectes en què s'utilitzen les tecnologies com la RV/RA/RM i comencen a impactar clarament en l'ecosistema local i global.

Bibliografia

1. Brockwell H. Forgotten genius: the man who made a working VR machine in 1957. [Online].; 2016 [cited 2020 Març 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 Març 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 Març 12. Available from: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality8.htm>.
8. magazine A. VIDEOPLACE – Myron Krueger.. [Online].; 2015 [cited 2020 Març 18. Available from: <https://www.aneddoticamagazine.com/videoplace-myron-krueger/>.
9. Lanier J. Brief Biography of Jaron Lanier. [Online]. [cited 2020 Març 9. Available from: <http://www.jaronlanier.com/general.html>.
10. Rosson L. The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990. [Online].; 1990 [cited 2020 Març 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 Març 9. Available from: <https://codigospaguetti.com/noticias/20-aniversario-virtual-boy/>.
12. Barnard D. History of VR - Timeline of Events and Tech Development. [Online].; 2019 [cited 2020 Març 9. Available from: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>.
13. Kumparak G. A Brief History Of Oculus. [Online].; 2014 [cited 2020 Març 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 Març 11. Available from: <https://www.vrs.org.uk/dr-jonathan-walden-virtuality-new-reality-promise-two-decades-soon/>.
15. Bezegorá 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 Març 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_xBRA2EiwAgcLKAYimWnf0khZxv8-675gwlQvoTJv9Hfc2FI3kjh2MJsaFw15lj04BtxoCSkoQAvD_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. A. RA&H. Bravemind: Virtual Reality Exposure Therapy. [Online].; 2020 [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_xBRBjEiwAmRbqYt8xlf6Mgz3jGPAV89Av9hyD_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/>.

Figures

Figura A.	Sensorama	8
Figura B.	Aspen (Colorado)	9
Figura C.	Google street View	10
Figura D.	Oculus rift	11
Figura E.	App de RA mostrant un pulmó	14
Figura F.	Pokemon GO	15
Figura G.	Aplicació de RM manipulant un pulmó en 3D en forma d'holograma	15
Figura H.	Espectre Realitat Mixta	15
Figura I.	Dispositius hologràfics i dispositius immersius en la RM	16
Figura J.	Diferències entre RV, RA i RM	17
Figura K.	Ulleres PSVR	18
Figura L.	Experiència VR simulant un museu	19
Figura LL.	AR Coloring. Disney Research Hub.	20
Figura M.	Experiència VR en la indústria	21
Figura N.	Continental. Sistema ADAS de RA	21
Figura O.	Indústria 4.0	21
Figura P.	RV connectada al benestar personal	22
Figura Q.	Entrenament de l'exèrcit en RV	22
Figura R.	Ús de la RV per simular tours virtuals	23
Figura S.	Holoportation	24
Figura T.	Usuari observant les seves mans representades en RV	24
Figura U.	Ús de la RV per entrenament quirúrgic	24
Figura V.	Pantalles hologràfiques en un cotxe	25
Figura W.	Reconstrucció en 3D d'un cor	25
Figura X.	RV per rehabilitació	28
Figura Y.	Representació hologràfica del cos humà en diferents capes.	28
Figura Z.	Ús de la RM per veure “a través” del cos	29
Figura AA.	Representació d'usuaris en forma d'avatars hologràfics	29
Figura AB.	Ulleres diverses de RV	30
Figura AC.	Connexions a altres dispositius segons requeriments de diferents ulleres de RV	31
Figura AD.	Nombre anual de publicacions de RV en l'àmbit de la salut (2015-2018)	41
Figura AE.	Temàtiques detectades en les publicacions 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