

# Espejo de Monografías

ISSN: 2660-4213 Número 15, año 2023. URL: espejodemonografias.comunicacion-social.es

MONOGRAFÍAS DE ACCESO ABIERTO  
OPEN ACCESS MONOGRAPHS

COMUNICACIÓN SOCIAL  
ediciones y publicaciones

ISBN 978-84-17600-78-5

## CloudClass: Comunicación virtual para la innovación docente (2022)

Enrique Castelló-Mayo; Roi Méndez-Fernández (coordinadores)

## Separata

## Capítulo 7

### Título del Capítulo

«Realidad virtual social y comunicaciones holográficas en 3D: oportunidades y retos pendientes en el sector de la educación»

### Autoría

Miguel Arevalillo-Herráez; Mario Montagud; Miguel García-Pineda; Gianluca Cernigliaro; Jaume Segura-García; Sergi Fernández

### Cómo citar este Capítulo

Arevalillo-Herráez, M.; Montagud, M.; García-Pineda, M.; Cernigliaro, G.; Segura-García, J.; Fernández, S. (2022): «Realidad virtual social y comunicaciones holográficas en 3D: oportunidades y retos pendientes en el sector de la educación». En Castelló-Mayo, E.; Méndez-Fernández, R. (coords.), *CloudClass: comunicación virtual para la innovación docente*. Salamanca: Comunicación Social Ediciones y Publicaciones. ISBN: 978-84-17600-78-5

D.O.I.:

<https://doi.org/10.52495/c7.emcs.15.c45>



El libro *CloudClass: comunicación virtual para la innovación docente* está integrado en la colección «Contextos» de Comunicación Social Ediciones y Publicaciones.

*CloudClass: comunicación virtual para la innovación docente* reúne los resultados de trabajos representativos de los numerosos enfoques y perspectivas que adopta la investigación sobre la comunicación virtual, sumergiendo al lector en las tendencias más innovadoras de la Comunicación aplicada a la Educación.

Este libro profundiza, entre otras cuestiones, en los siguientes ítems:

- análisis de los entornos concebidos para la comunicación y la docencia virtuales, ya presenciales o a distancia;
- ideación, desarrollo y uso de entornos inmersivos (3D-CGI) para la impartición de la docencia;
- dificultades, errores y buenas prácticas en la implementación de la docencia virtual;
- nuevas estrategias comunicativas y didácticas para implicar al alumnado virtual;
- estrategias, programas y equipamientos necesarios en la interactividad presencial o a distancia;
- formación de los docentes en el diseño de contenidos, tecnología y kinésica orientados a la comunicación virtual.

*CloudClass: comunicación virtual para la innovación docente* brinda a los docentes de todos los niveles educativos una utilísima hoja de ruta para mejorar la impartición de sus materias a los estudiantes.

# Sumario

## Prólogo

*por Jorge Clemente Mediavilla*..... 9

1. **Cloudclass: ideación, creatividad y lenguajes  
audiovirtuales aplicados a la docencia presencial  
y a distancia**  
*por Enrique Castelló-Mayo* ..... 19
  1. *Introducción*.....19
  2. *Lenguaje audiovisual vs. lenguaje audiovirtual*.....21
  3. *¿Recomendaciones para las enseñanzas virtuales  
e híbridas?*.....24
  4. *CloudClass, una alternativa desde la ideación y  
la creatividad* .....28
  - Referencias*.....34
  
2. **Plató Virtual de Televisión: arquitectura,  
funcionamiento y tecnologías implicadas  
en la creación de contenidos audiovisuales  
en realidad mixta en tiempo real**  
*por Roi Méndez-Fernández* ..... 37
  1. *Introducción*.....37
  2. *Funcionamiento y arquitectura de un plató  
virtual de televisión*.....40
  3. *Subsistema de render*.....43
  4. *Subsistema de sensorización* .....45
  5. *Subsistema de captura de imagen*.....46
  6. *Subsistema de composición*.....47
  7. *Conclusión* .....49
  - Referencias*.....51

<b>3. Aprendizaje desde la época pandémica para la formación virtual</b> <i>por Julio Cabero-Almenara;</i> <i>Carmen Llorente-Cejudo.....</i>	<b>53</b>
1. <i>Comenzando el debate .....</i>	<b>53</b>
2. <i>Aprendizajes desde la pandemia para la formación virtual .....</i>	<b>54</b>
<i>Referencias .....</i>	<b>63</b>
<b>4. La tradicional docencia presencial y la virtual a distancia: sustitución y/o complementariedad</b> <i>por Antía López-Gómez; Luísa Magalhães .....</i>	<b>67</b>
1. <i>La docencia en línea a debate .....</i>	<b>67</b>
2. <i>El docente universitario como mediador de contenidos en el entorno virtual.....</i>	<b>75</b>
<i>Referencias.....</i>	<b>85</b>
<b>5. Evolución de la tecnología virtual en televisión y su aplicación a la educación</b> <i>por Francisco Ibáñez-García; Andrea Castelli .....</i>	<b>87</b>
1. <i>Introducción.....</i>	<b>87</b>
1.2. <i>Realidad aumentada .....</i>	<b>90</b>
1.3. <i>Realidad Mixta.....</i>	<b>90</b>
1.4. <i>Realidad extendida.....</i>	<b>91</b>
2. <i>Tecnología virtual en el medio televisivo, del consumo a la producción .....</i>	<b>92</b>
2.1. <i>Del estudio de producción tradicional al set virtual .....</i>	<b>96</b>
3. <i>Producción virtual de contenidos en el sector educativo.....</i>	<b>99</b>
4. <i>Conclusión .....</i>	<b>102</b>
<i>Referencias.....</i>	<b>103</b>

<b>6. Con la creatividad por las nubes: Docencia y creatividad en el cloud class</b>	
<i>por Giorgio P. De-Marchis;</i>	
<i>Javier de-la-Vara-Lopez .....</i>	<b>105</b>
1. <i>Introducción.....</i>	105
2. <i>Docencia y nube .....</i>	106
3. <i>Colaboración en la nube.....</i>	107
4. <i>Creatividad, docencia y nube.....</i>	111
<i>Referencias.....</i>	117
<b>7. Realidad virtual social y comunicaciones holográficas en 3D: oportunidades y retos pendientes en el sector de la educación</b>	
<i>por Mario Montagud; Gianluca Cernigliaro;</i>	
<i>Miguel Arevalillo-Herráez; Miguel García-Pineda;</i>	
<i>Jaume Segura-Garcia; Sergi Fernández.....</i>	<b>121</b>
1. <i>Introducción.....</i>	121
2. <i>Estado del Arte &amp; Casos de Uso de Interés.....</i>	123
2.1. <i>RV Social en el Ámbito de la Educación .....</i>	123
2.2. <i>RV Social en el Ámbito del Entrenamiento y Colaboración .....</i>	127
2.3. <i>Avatares vs Representaciones Realistas en RV Social.....</i>	129
3. <i>Retos Pendientes.....</i>	131
3.1. <i>Interacción Multimodal y Gemelos Digitales Realistas .....</i>	132
3.2. <i>Comunicaciones holográficas 3D realistas....</i>	133
3.3. <i>Interoperabilidad y Escalabilidad .....</i>	134
3.4. <i>Usabilidad y Accesibilidad .....</i>	135
3.5. <i>Confort, Aspectos Éticos y Privacidad.....</i>	136
4. <i>Conclusiones.....</i>	137
<i>Referencias.....</i>	139

<b>8. Tecnología virtual aplicada a la docencia</b>	
por Elena Llorca-Asensi; Jim Playfoot .....	143
1. Introducción.....	143
2. El aula virtual .....	145
2.1. Fortalezas .....	148
2.2. Oportunidades.....	148
2.3. Debilidades .....	149
2.4. Amenazas.....	150
3. Presencialidad en el entorno virtual.	
La docencia dual .....	151
4. Principales tecnologías de aula virtual.....	155
4.1. BlackBoard	
[ <a href="https://www.blackboard.com/">https://www.blackboard.com/</a> ] .....	155
4.2. LearnCube	
[ <a href="https://www.learncube.com/">https://www.learncube.com/</a> ] .....	156
4.3. Tutor Room	
[ <a href="https://tutorroom.net/en/home/">https://tutorroom.net/en/home/</a> ].....	157
4.4. BrainCert [ <a href="https://www.braincert.com/">https://www.braincert.com/</a> ].....	157
4.5. CloudClass [ <a href="http://cloudclassproject.eu/">http://cloudclassproject.eu/</a> ] .....	158
5. Conclusiones.....	160
Referencias.....	161
<b>9. Análisis y tendencias de consumo en redes sociales:</b>	
<b>Propuesta metodológica para creación de contenido</b>	
<b>educativo audiovisual</b>	
por Rocío del Pilar Sosa-Fernández;	
Andrés Rozados-Lorenzo; Sara Calvete-Lorenzo.....	163
1. Introducción .....	163
2. Metodología .....	166
3. Análisis narrativo audiovisual de la muestra .....	168
4. Recomendaciones .....	173
5. Conclusiones.....	175
Referencias.....	177

## Realidad virtual social y comunicaciones holográficas en 3D: oportunidades y retos pendientes en el sector de la educación

*Miguel Arevalillo-Herrández*  
*Miguel García-Pineda*  
*Jaume Segura-García*  
 Universidad de Valencia  
 Departamento de Informática  
 Burjassot

*Mario Montagud*  
*Gianluca Cernigliaro*  
*Sergi Fernández*  
 Fundación i2CAT, Barcelona

### 1. Introducción

Las tecnologías multimedia y de las comunicaciones han evolucionado significativamente en los últimos años, adquiriendo una importancia creciente en nuestra sociedad de manera progresiva. Un ejemplo relevante son las herramientas de videoconferencia. Otro ejemplo relevante es la Realidad Virtual (RV), o las tecnologías inmersivas en general.

Con la llegada de la pandemia, la adopción de herramientas digitales de comunicación, colaboración multiusuario y consumo multimedia se ha magnificado, debido principalmente a las medidas de distanciamiento social y teletrabajo implantadas. Estas herramientas han permitido la conexión entre personas remotas, así como alcanzar las audiencias deseadas en diferentes ámbitos (ej. clientes, alumnos, familiares...), siendo por tanto adoptadas ya no sólo para usos esporádicos, sino que se han convertido en habilitadores para/en

diferentes ámbitos de nuestra sociedad, tales como trabajo, educación, salud, cultura, etc.

La implantación masiva de este tipo de herramientas digitales ha supuesto un cambio de hábitos para los usuarios y ha permitido en gran medida seguir con actividades económicas, profesionales y sociales cotidianas esenciales, como pueden ser eventos y actividades online en sectores como la educación, aprendizaje, cultura y diferentes ámbitos profesionales. Aunque dichas herramientas digitales presentan limitaciones claras con respecto a las reuniones, actividades y eventos presenciales, su uso ha aportado ventajas indudables en cuanto al ahorro de costes y tiempo, así como a la sostenibilidad.

En este contexto, la RV puede potencialmente proporcionar experiencias auténticas, realistas e inmersivas, no sólo para uso individual, sino también para grupos de usuarios. Aunque los *Collaborative Virtual Environments* (CVE) ya se concibieron en los 90 (ej., Stone, 1993), el concepto de *RV Social* ha emergido y atraído un alto interés desde la industria y la academia recientemente, dando lugar a diferentes habilitadores tecnológicos y plataformas para facilitar de manera efectiva y natural la interacción social y colaboración entre usuarios remotos (Montagud, *et al.* 2022; Fernández; Montagud; Cernigliaro; Rincón, 2022a).

Dadas esta nueva realidad y tendencias, este trabajo se centra en explorar oportunidades y retos con respecto al uso de la RV Social en el ámbito de la educación. Además de exponer las ventajas que la RV Social puede aportar en comparación a las herramientas de videoconferencia 2D tradicionales, se destacarán los

potenciales beneficios que el uso de las representaciones realistas de los usuarios (ej. hologramas 3D) puede proporcionar en este ámbito con respecto al uso de avatares. Finalmente, se identificarán y elaborará brevemente sobre una serie de retos pendientes a abordar con tal de maximizar el potencial de este nuevo *medium* de comunicación e interacción, en el camino hacia una implantación escalable e interoperable de servicios y experiencias de Metaverso realistas e interactivas, que pueden tener un impacto muy positivo en el ámbito de la educación.

## *2. Estado del arte y casos de uso de interés*

En primer lugar, en esta sección se proporciona una revisión sobre estudios previos que han analizado, y/o demostrado, potenciales beneficios que puede aportar la RV Social en diferentes casos de uso en el ámbito de la educación, incluyendo aspectos de aprendizaje, entrenamiento y colaboración. En segundo lugar, en esta sección se revisan estudios científicos que han aportado evidencias sobre —o han destacado la relevancia de— la disponibilidad de representaciones realistas de los usuarios en entornos de RV Social.

### *2.1. RV Social en el ámbito de la educación*

La llegada de la pandemia resultó en una adopción más amplia e intensa de herramientas digitales en el sector de la educación. Ejemplos relevantes incluyen (Aguayo; Eames; Cochrane, 2020; Chessa; Solari,

2021; Hagler; Lankes; Gallist, 2022): plataformas de educación online (ej., Blackboard, Moodle...), herramientas de comunicación (ej. Zoom, Teams...), redes sociales (ej., TikTok, Linkedin, Facebook...), vídeos online, etc.

Estudios científicos recientes han demostrado y enfatizado multitud de potenciales beneficios que las herramientas de videoconferencia multiusuario pueden aportar en el sector de la educación, especialmente cuando se hace uso de las funcionalidades de interacción y colaboración que dichas herramientas implementan (ej., Boronat; Montagud; Salvador; Pastor, 2021).

Adicionalmente, las tecnologías inmersivas, entornos virtuales y plataformas de RV Social también han atraído mucho interés en el sector de la educación (ej., Radianti; Majchrzak; Fromm; Wohlgenannt, 2020). Multitud de estudios científicos han proporcionado evidencias sobre los potenciales beneficios que aportan las características y capacidades inherentes de la RV, incluyendo la inmersión e interactividad, en este sector (Radianti; Majchrzak; Fromm; Wohlgenannt, 2020), resultando en niveles más altos de presencia, motivación, compromiso y capacidades de aprendizaje (Yoshimura; Borst, 2021). El estudio de Gregory *et al.* (2013) proporciona una revisión sobre el uso de entornos virtuales en 19 instituciones académicas, con propósitos diversos: gamificación, visitas virtuales, formación, etc. El estudio de Aguayo, Eames y Cochrane (2020) enfatiza que el uso de tecnologías inmersivas en educación puede tener una influencia positiva en aptitudes y actitudes, tanto individuales

como grupales, así como puede contribuir a un aprendizaje autónomo más efectivo. El estudio de McGee y Jacka (2021) proporciona un análisis sobre la adopción de la RV en el sector de la educación, identificando la necesidad de seguir investigando en aspectos tecnológicos, así como en aprovechar al máximo su potencial.

En este contexto, diversos estudios se han centrado en comparar el uso de plataformas de videoconferencia 2D con plataformas de RV Social, así como el uso de pantallas 2D con el de cascos de RV 3D cuando se adoptan el segundo tipo de herramientas, en diferentes escenarios. Steinicke, Meinecke y Lehmann-Willenbrock (2020) compararon reuniones grupales mediante una plataforma de conferencia 2D, Zoom,<sup>1</sup> y una plataforma web de RV Social, Mozilla Hubs,<sup>2</sup> utilizando tanto pantallas 2D como cascos RV 3D. Por un lado, se reportaron niveles de presencia social más altos cuando se utilizaron cascos de RV 3D y la plataforma de RV Social. Por otro lado, el uso de la plataforma de RV Social resultó en niveles de usabilidad más bajos. El estudio de Oberdörfer, Heidrich y Latoschik (2019) reportó resultados sobre mayor nivel de disfrute y calidad de aprendizaje cuando se utilizaron cascos de RV 3D que cuando se utilizaron pantallas 2D tradicionales para un entorno RV *ad hoc*. De manera similar, el estudio de Chessa y Solari (2021) comparó el uso de una plataforma de videoconferen-

---

<sup>1</sup> Zoom, <https://zoom.us/> Último acceso en septiembre 2021

<sup>2</sup> Mozilla Hubs, <https://hubs.mozilla.com/> Último acceso en septiembre 2021

cia 2D tradicional, Teams,<sup>3</sup> y de una plataforma web de RV Social, Mozilla Hubs, en modo de visualización 2D, en términos de presencia y usabilidad, para clases universitarias online. Dicho estudio sugiere que aunque el uso de plataformas de RV Social resulta en una peor usabilidad, incrementa la sensación de presencia en comparación con el uso de herramientas de conferencia tradicionales. Además, dicho estudio también remarca que ambos tipos de herramientas son efectivas para la realización de clases online, así como la necesidad de seguir investigando en la mejora de las soluciones de RV Social y en explotar al máximo sus capacidades en el ámbito de la educación. El estudio de Yoshimura y Borst (2021) exploró la experiencia de usuario de un grupo de estudiantes universitarios cuando se realizaron clases y presentaciones remotas, utilizando Mozilla Hubs, durante varias sesiones en un periodo de 7 semanas. En términos generales, dicho estudio corrobora que las plataformas de RV Social son una alternativa efectiva y prometedora en el ámbito de la educación, a pesar de problemas técnicos y situaciones de incomodidad puntuales que ocurrieron durante el piloto. Por una parte, dicho estudio perseguía comparar el uso de pantallas 2D sobre el de cascos de RV 3D durante las actividades lectivas. Los resultados reflejaron que el uso de cascos de RV 3D permitieron proporcionar niveles de presencia más altos, aunque no se identificaron diferencias significativas en cuanto a presencia social, esto es, a la sensación

---

<sup>3</sup> Teams, <https://www.microsoft.com/en/microsoft-teams/> Último acceso en septiembre 2021

de estar juntos en un mismo espacio virtual. El uso de cascos de RV 3D además resultó en un grado de atención más alto por parte de los estudiantes, así como en una tendencia hacia una mayor involucración y percepción emocional cuando los estudiantes realizaron presentaciones en el entorno virtual. Además, los estudiantes se mostraron más relajados cuando realizaron presentaciones utilizando la plataforma de RV Social, representados como un avatar, que utilizando la plataforma de videoconferencia tradicional. Aunque ocurrieron algunos casos puntuales sobre síntomas de mareo o agotamiento, estos fueron debidos más a la incomodidad de utilizar hardware de RV que al uso de la plataforma y entorno virtual en sí.

## *2.2. RV Social en el ámbito del entrenamiento y colaboración*

Las aplicaciones y experiencias de RV tradicionalmente han atraído el interés de los sectores de la industria y entrenamiento ya que permiten recrear de manera realista y replicable entornos interactivos y colaborativos. Por ejemplo, aprendices o incluso profesionales pueden ser expuestos a escenarios y situaciones virtuales realistas que pueden suponer algún riesgo o un coste alto, permitiéndoles adquirir destrezas y experiencias antes de enfrentarse a lo mismo en el mundo real.

En este contexto, el estudio de Berg y Vance (2017) proporciona una revisión de un amplio conjunto de aplicaciones RV en el ámbito industrial, de entre las que se destaca un caso de uso centrado en el diseño colaborativo multiusuario, permitiendo la reunión e

interacción entre equipos de ingeniería, diseño y marketing para optimizar procesos productivos.

El estudio de Khojasteh y Won (2021) proporciona un análisis sobre la carga de trabajo y mental individual, presencia y reconocimiento de emociones experimentada por usuarios cuando se exponen a entornos virtuales multiusuario colaborativos. Los resultados obtenidos muestran que, aunque los niveles de presencia y carga de trabajo y mental reportados no variaron en función de la duración de las sesiones, la adaptación de los usuarios al entorno RV y la efectividad en cuanto a la realización de tareas sí mejoró con el tiempo, y que los niveles de co-presencia experimentados dependen mucho de la tarea en cuestión siendo realizada.

El estudio de Mei, Li, de Ridder y Cesar (2021) adoptó una plataforma de RV Social para explorar su potencial para un caso de uso de colaborativo y creativo centrado en el co-diseño y fabricación de pastelería, permitiendo a los chefs y a los clientes reunirse virtualmente para explorar interactivamente potenciales diseños y adaptaciones de los mismos. Aunque se trata de un piloto muy específico y limitado, los participantes en el mismo (chefs y clientes) se mostraron muy satisfechos y entusiasmados con el potencial que puede aportar la RV Social en este ámbito.

El estudio de Campbell *et al.* (2020) comparó el uso de entornos virtuales, adoptando el casco de RV HTC Vive, y el uso de herramienta de videoconferencia tradicionales, adoptando Skype for Business,<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Skype for Business, <https://www.skype.com/en/business/> Último acceso en septiembre 2021

para la realización de reuniones online en un contexto corporativo. Las reuniones en RV resultaron en mayores niveles de concentración e involucración, y las participantes femeninas reportaron no haberse sentido juzgadas por su apariencia, lo que sugiere que la RV Social puede contribuir a la igualdad de género.

En esta misma línea, el estudio de Jones *et al.* (2022) proporciona un análisis detallado sobre el potencial de la RV Social para tareas de co-diseño y prototipado, en cualquier lugar y momento, minimizando costes, permitiendo replicabilidad y reversibilidad, flexibilidad para avanzar al ritmo deseado y un alto nivel de personalización. Sin embargo, este estudio también remarca la necesidad de poder reproducir aspectos de comunicación no-verbal y gestos de manera natural y realista en estos entornos virtuales, considerándose estos aspectos muy relevantes para proporcionar colaboraciones y niveles de comprensión adecuados en varias disciplinas de aprendizaje y entrenamiento.

### *2.3. Avatares vs. representaciones realistas en RV Social*

La mayoría de las plataformas de RV Social se basan en el uso de avatares sintéticos, ya sean con apariencia de dibujos animados o humana, para representar a los usuarios (Montagud, *et al.* 2022; Fernández; Montagud; Cernigliaro; Rincón, 2022b). Esto se ha identificado como una barrera para casos de uso en los que se requiere una apariencia seria, profesional y/o fidedigna (Lee; Joo; Jun, 2021), y también puede tener

un impacto en el sector educativo, como se analiza a continuación.

El estudio de Yoshimura y Borst (2021) reflexiona sobre la importancia que el avatar de un profesor tiene sobre los alumnos en actividades académicas virtuales mediante RV Social, puesto que la comunicación no-verbal y gestos faciales y corporales son clave para proporcionar una comunicación y comprensión realmente efectivas.

El estudio de Heidicker, Langbehn y Steinicke (2017) comparó el uso de diferentes modalidades y apariencias de avatares en RV, y se concluyó que los avatares que pueden reproducir movimientos y gestos, aun únicamente teniendo cabeza y manos, producen niveles mejorados de co-presencia y con respecto a interdependencias emotivas y de comportamiento que otro tipo de avatares incapaces de reproducir movimientos y gestos. El estudio de Roth, *et al.* (2016) determinó que, en cierta medida, la disponibilidad de movimientos realistas en avatares de cuerpo completo puede compensar la falta de expresiones faciales y señales de mirada en los mismos, aunque estos dos últimos factores tienen un claro impacto en las interacciones entre usuarios.

El estudio de Smith y Neff (2018) comparó la calidad de la comunicación audiovisual entre dos usuarios cuando completan una tarea, en tres condiciones: (1) entorno físico presencial; (2) entorno de RV Social *ad hoc*, con avatares que representan los cuerpos humanos, pero con rasgos faciales limitados; y (3) entorno de RV Social *ad hoc*, sin avatares visibles, pero solo mostrando manos virtuales para cada usuario.

Los resultados obtenidos revelaron que los avatares representando a los usuarios proporcionan un nivel más alto de presencia social, con patrones de conversación muy similares a la interacción cara a cara. De manera similar, el estudio de Herder, Brettschneider, Mooij y Ryskeldie (2019) comparó la efectividad de la finalización de tareas al operar maquinaria en un entorno de RV *ad hoc*. Los resultados obtenidos revelaron que fue más fácil para los participantes completar las tareas cuando fueron guiados por un avatar que cuando fueron guiados por una voz incorpórea.

Además, otros estudios han investigado el impacto del realismo de la representación virtual de los usuarios en la experiencia de usuario. El estudio de Latoschik *et al.* (2017) exploró el impacto del realismo de los avatares en la interacción social e identificación con tu cuerpo digital en RV Social. Los avatares realistas se evaluaron como mucho más cercanos a las representaciones físicas y provocaron una mayor aceptación en cuenta a la identificación con los cuerpos virtuales. El estudio de Montagud *et al.* (2022) demostró, en entornos de visionado compartido de contenidos, que la disponibilidad de representaciones realistas y volumétricas de los usuarios (esto es, hologramas 3D), incluso cuando son proporcionados por sistemas de captura volumétricas de bajo coste, proporcionan unos niveles de (co-)presencia e interacción social más satisfactorios que el uso de avatares sintéticos, y cercanos a los que se experimentan en entornos físicos. Aunque dichos resultados sean preliminares, son muy prometedores, especialmente teniendo en cuenta los márgenes de mejora que tiene la actual tecnolo-

gía de captura volumétrica en tiempo real. En esta línea, el estudio de Fernández, Montagud, Cernigliaro y Rincón (2022a) demostró que las tecnologías actuales para habilitar comunicaciones holográficas 3D multiusuario, a pesar de sus limitaciones y margen de mejora, ya posibilitan reuniones interactivas y colaborativas en entornos RV compartidos.

Por tanto, los estudios revisados en esta subsección sugieren que los beneficios que puede aportar la RV Social, revisados en secciones previas, se podrían incrementar sustancialmente con la adopción de representación realistas de los usuarios en dichos entornos virtuales compartidos, independientemente del escenario y caso de uso.

### *3. Retos Pendientes*

Incluso a pesar de los avances en el campo de la RV Social, así como de las evidencias sobre sus beneficios, todavía se pueden identificar una serie de retos a abordar con tal de maximizar su potencial y permitir su adopción masiva de manera efectiva. A continuación, se detallan algunos de estos retos.

#### *3.1. Interacción multimodal y gemelos digitales realistas*

En los últimos años se ha experimentado un progreso significativo en cuanto al desarrollo de *frameworks* de desarrollo para entornos y aplicaciones de RV, herramientas de captura y modelado 3D, así como de

creación y edición de contenidos. Sin embargo, la creación de entornos virtuales, así como de Gemelos Digitales de entornos reales, altamente interactivos y realistas, todavía no es sencilla. Ello típicamente requiere la intervención de personal especializado y considerables costes (temporales y económicos), y la compatibilidad inter-plataforma e inter-dispositivo todavía supone una barrera importante. La disponibilidad de herramientas de creación y edición de contenidos de RV más sencillas de usar, de repositorios abiertos con contenidos y recursos 3D, hardware de RV interoperable que posibilite una alta inmersión e interacción multimodal, así como de directrices y recomendaciones para su uso efectivo, son esenciales con tal de facilitar los procesos de crear y ofrecer entornos virtuales realistas, inmersivos y realistas, con el menor coste y mayor nivel de replicabilidad posibles.

### *3.2. Comunicaciones holográficas 3D realistas*

Tal y como se ha comentado en la Sección 2.3, la disponibilidad de representaciones holográficas 3D realistas aporta ventajas indudables sobre el uso de representaciones de los usuarios basadas en avatares. Aunque trabajos recientes han demostrado que tecnologías actuales, aun siendo de bajo coste, ya proporcionan una experiencia de usuario satisfactoria (Fernández; Montagud; Cernigliaro; Rincón, 2022a), se necesita más trabajo con tal de: (i) mejorar significativamente la resolución y definición de los hologramas; (ii) reducir costes (económicos, requisitos com-

putacionales y de ancho de banda...); (iii) habilitar soluciones *plug & play* de fácil instalación y uso; (iv) proporcionar interoperabilidad y escalabilidad (ver siguiente subsección); etc.

### 3.3. Interoperabilidad y escalabilidad

Por un lado, el ecosistema RV actual está muy fragmentado. Aplicaciones y herramientas desarrolladas para plataformas y/o dispositivos específicos podrían no funcionar (completamente) para otras plataformas y/o dispositivos. Además, los cascos de RV difieren significativamente en cuanto a sus capacidades de procesamiento y modalidad de interacción. Así pues, la interoperabilidad y compatibilidad se convierten en barreras que pueden dificultar una adopción masiva de plataformas y experiencias de RV Social, especialmente si se pretenden integrar comunicaciones holográficas en las mismas.

Por otro lado, las plataformas de RV (Social) todavía presentan retos de escalabilidad. En este sentido, se han propuesto diferentes soluciones y estrategias para mitigar estas limitaciones. Primero, en el caso de eventos/conferencias virtuales, se pueden proporcionar diferentes salas virtuales paralelas de manera que la audiencia se puede distribuir de manera estratégica entre las mismas. A menudo, se proporciona una sala o *lobby* central, a la que se conectan salas adyacentes con una topología basada en estrella o anillo (ej., Lee; Joo; Jun, 2021), permitiendo a la audiencia navegar entre las mismas de manera libre. Segundo, se pueden adoptar soluciones basadas en computación

en la nube para minimizar la carga computacional y ancho de banda para los clientes (ej., Cernigliario *et al.*, 2020; Gunkel *et al.*, 2021). Tercero, las sesiones de RV se pueden retransmitir a través de plataformas 2D, como se hace en el ámbito del *gaming* a través de plataformas como Youtube o Twitch. Esto último no proporciona una experiencia altamente inmersiva, pero posibilita tener acceso a la experiencia RV en cuestión.

Finalmente, otro factor adicional relacionado reside en la disponibilidad de equipamiento de RV apropiado por parte de la audiencia si se pretende ofrecer una experiencia de RV Social a gran escala, o durante un cierto periodo temporal, en un entorno distribuido y no controlado.

### *3.4. Usabilidad y accesibilidad*

Las experiencias de RV todavía no se han implantado masivamente, y una gran cantidad de potenciales usuarios todavía no están familiarizados con las mismas. El uso de RV requiere ciertas habilidades y capacidades que a su vez pueden implicar una curva de aprendizaje o periodo de adaptación. Ello puede tener un impacto en el ámbito de la educación (Carr; Oliver; Burn, 2008). Sin un alto control sobre el hardware y software de RV, pueden ocurrir errores debido a un uso no eficiente, resultando en experiencias menos enriquecedoras o incluso insatisfactorias. Por ejemplo, algunos estudios han reflejado que un porcentaje significativo de errores y/o fallos cuando se utiliza RV se deben más al uso ineficiente de los usuarios que al

hardware y/o software en sí (Gregory; Jacka; Hillier; Grant, 2015).

Más allá de poner esfuerzos en conseguir una mayor homogeneidad y usabilidad de las experiencias de RV, se deberían proporcionar tutoriales, *demos* y experiencias de familiarización a los usuarios con tal de maximizar un uso efectivo de la experiencia ofrecida (ej., Lee; Joo; Jun, 2021; Chessa; Solari, 2021).

Además, la mayoría de los servicios multimedia tradicionales (2D) ofrecen soluciones de accesibilidad, tales como interfaces de usuario accesibles, presentación de servicios de accesibilidad (esto es, subtítulo, audio descripción, lenguaje de signos...), etc. Sin embargo, las soluciones y estándares de accesibilidad para los servicios inmersivos están todavía en su infancia (ej., Montagud; Orero; Matamala, 2020; Montagud; Orero; Fernández, 2020). Ello también resulta en una barrera y reto cuando se pretenden ofrecer servicios y experiencias de RV Social a gran escala, y se debería tratar de resolver cuanto antes.

#### 4.5. *Confort, aspectos éticos y privacidad*

Confort, seguridad, privacidad y ética son aspectos esenciales que deben ser proporcionados en/por los servicios de RV Social. Acoso, troleo, e incluso acciones y comportamientos incorrectos y abusivos, no son fáciles de detectar y controlar en experiencias de RV (Social), pero sí son problemas que necesitan ser evitados y penalizados (Jones *et al.*, 2022). Por ejemplo, usos maliciosos, comportamientos irrespetuosos, tales como acercarse demasiado a otros usuarios (o a su

espacio de trabajo virtual), abuso de la anonimidad cuando se usan avatares, incluso comportamientos sexistas y racistas, se han reportado en estudios recientes sobre RV Social (Jones *et al.*, 2022). Así pues, resulta clave ofrecer entornos virtuales seguros en los que el confort, privacidad y comportamientos éticos de los usuarios puedan ser garantizados.

#### 4. Conclusiones

Los avances tecnológicos pueden mejorar nuestra calidad de vida. En este contexto, las tecnologías de RV Social, que inicialmente fueron principalmente concebidas para el ámbito del entretenimiento, están captando interés y adopción experimental en otros sectores relevantes de nuestra sociedad, tales como la educación, entrenamiento, turismo y para realización de eventos y reuniones (Montagud *et al.* 2022). Este interés en RV Social se ha magnificado tras la llegada de la pandemia mundial, así como debido a resultados de estudios pioneros que han analizado y demostrado sus claras ventajas en comparación con el uso de herramientas de videoconferencia 2D tradicionales, en términos de (co-)presencia, calidad de interacción y plausibilidad.

Este trabajo ha revisado y categorizado estudios existentes centrados en explorar el potencial impacto y beneficios que puede aportar la adopción de tecnologías y plataformas de RV Social, como un nuevo *medium* de comunicación e interacción, en diferentes ámbitos relacionados con la educación. Esta revisión ha pro-

porcionado una perspectiva global sobre los avances tecnológicos y servicios ofrecidos más recientes en este ámbito, así como de las conclusiones y lecciones aprendidas de/en los estudios y pilotos experimentales realizados hasta el momento en esta línea. Asimismo, ello ha servido para identificar retos pendientes que se deberían abordar con tal de maximizar el potencial y posibilitar una adopción masiva y efectiva de la RV Social en el ámbito de la educación, en diferentes casos de uso.

La RV Social no debe ser concebida como una solución que reemplace los eventos y actividades presenciales, sino que las complemente y se convierta en una alternativa muy válida, que posibilite y facilite nuevas oportunidades al tiempo que aporte beneficios en cuanto a reducción de costes, de tiempo y a sostenibilidad. Las tecnologías y experiencias de RV Social ya son capaces de aportar beneficios indudables, pero se debe seguir haciendo camino tanto en el campo tecnológico como creativo, así como en los diferentes verticales de aplicación, para maximizar dichos beneficios, puesto que ello repercutirá positivamente en nuestra sociedad. Este trabajo se espera, pues, que pueda servir de guía y motivación para los agentes interesados en este ámbito, dadas las necesidades y oportunidades palpables y demostradas que existen.

### *Agradecimientos*

Este trabajo ha sido financiado por la AEI, bajo un Proyecto Generación del Conocimiento 2021, con tí-

tulo HoloMIT 2.0 (Ref. PID2021-126551OB-C21), y un Proyecto Estratégico Orientado a la Transición Ecológica y a la Transición Digital (TED) 2021, con título REVOLUTION (Ref. TED2021-131690B-C32 y TED2021-131690A-C33). El trabajo de Mario Montagud Climent ha sido financiado además por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (Ayuda Ramón y Cajal 2020, Ref. RYC2020-030679-I) y por «FSE Invierte en tu futuro».

## Referencias

- Aguayo, C.; Eames, C.; Cochrane, T. (2020). «A framework for mixed reality free-choice, self-determined learning», *Research in Learning Technology*, 28, 1-19, 2020.
- Berg, L.P.; Vance, J.M. (2017). «Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey», *Virtual Reality*, 21(1), 1-17, 2017.
- Boronat, F.; Montagud, M.; Salvador, P.; Pastor, J. (2021). «Wersync: a web platform for synchronized social viewing enabling interaction and collaboration», *Journal of Network and Computer Applications*, Elsevier, vol. 175, Issue 1, pp. 1-21.
- Campbell, A. et al. (2020). «Uses of Virtual Reality for Communication in Financial Services: A Case Study on Comparing Different Telepresence Interfaces: Virtual Reality Compared to Video Conferencing», In: K. Arai; R. Bhatia, R. (eds), *Advances in Information and Communication, Proceedings of the 2019 Future of Information and Communication Conference (FICC)*, vol 69, pp. 463-481, Springer.
- Carr, D.; Oliver, M.; Burn, A. (2010). «Learning, teaching and ambiguity in virtual worlds», In: A. Peachey, J. Gillen, D. Livingstone, S. Smith-Robbins (eds), *Researching Learning in Virtual Worlds, Human-Computer Interaction Series*. Springer, London.
- Cernigliaro, G.; Martos, M.; Montagud, M.; Ansari, A.; Fernández, S. (2020). «PC-MCU: Point Cloud Multipoint Control Unit for Multi-user Holoconferencing Systems», ACM NOSSDAV 2020, Istanbul (Turkey), June 2020.
- Chessa, M.; Solari, F. (2021). «The sense of being there during online classes: analysis of usability and presence in web-conferencing systems and virtual reality social platforms», *Behaviour &*

- Information Technology*, 40:12, 1237-1249.
- Fernández, S.; Montagud, M.; Cernigliaro, G.; Rincón, D. (2022a), «Multiparty Holomeetings: Toward a New Era of Low-Cost Volumetric Holographic Meetings in Virtual Reality», *IEEE Access*, vol. 10, pp. 81856-81876.
- Fernández, S.; Montagud, M.; Cernigliaro, G.; Rincón, D. (2022b), «Toward Hyper-realistic and Interactive Social VR Experiences in Live TV Scenarios», *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 68, no. 1, pp. 13-32.
- Gregory S. *et al.* (2013). «Virtual worlds in Australian and new Zealand higher education: remembering the past, understanding the present and imagining the future», *Electric Dreams*, Eds H. Carte; M. Gosper; J. Hedberg (Sydney, NSW: Macquarie University), 312-324.
- Gregory, S.; Jacka, L.; Hillier, M.; Grant, S. (2015). «Using virtual worlds in rural and regional educational institutions», *Australian and International Journal of Rural Education*, 25, 73-90 .
- Gunkel, S. *et al.* (2021) «VRComm: an end-to-end web system for real-time photorealistic social VR communication», *12th ACM Multimedia Systems Conference (MMSys'21)*, Istanbul (Turkey), June 2021.
- Hagler, J.; Lankes, M.; Gallist, N. (2022). «Behind the Curtains: Comparing Mozilla Hubs with Microsoft Teams in a Guided Virtual Theatre Experience», *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW) 2022*, pp. 19-22
- Heidicker, P.; Langbehn, E.; Steinicke, F. (2017). «Influence of avatar appearance on presence in Social VR», *IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI) 2017*, 233-234, Los Angeles (USA), March 2017.
- Herder, J.; Brettschneider, N.; Mooij, J.D.; Ryskeldie, B. (2019). «Avatars for co-located collaborations in HMD- based virtual environments», *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) 2019*, 968- 969, Osaka (Japan), March 2019.
- Jones, P. *et al.* (2022). «FOUR: Working with social VR», In *Virtual Reality Methods*, Bristol (UK), Policy Press.
- Khojasteh, N.; Won, A.S. (2021). «Working Together on Diverse Tasks: A Longitudinal Study on Individual Workload, Presence and Emotional Recognition in Collaborative Virtual Environments», *Frontiers in Virtual Reality*, 2:643331
- Latoschik, M.E. *et al.* (2017). «The effect of avatar realism in immersive social virtual realities», *23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST'17)*, Gothenburg (Sweden).
- Lee, C.; Joo, H.; Jun, S. (2021) «Social VR as the new normal? Understanding user interactions for the business arena». Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Article 420, Yokohama (Japan).
- McGee, B.L.; Jacka, L. (2021). «Virtual reality in Education. Broken

- promises or new hope?», In S. Gregory; S. Warburton; M. Schier, M. (Eds.), *Back to the Future—ASCILITE '21, Proceedings ASCILITE 2021*, pp. 74-80, Armidale (Australia).
- Mei, Y.; Li, J.; de Ridder, H.; Cesar, P. (2021). «CakeVR: A Social Virtual Reality (VR) Tool for Co-designing Cakes», *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21)*, Article 572, 1-14, Yokohama (Japan).
- Montagud, M.; Orero, P.; Matala, A. (2020). «Culture 4 All: Accessibility-Enabled Cultural Experiences through Immersive VR360 content», *Personal and Ubiquitous Computing*, Springer, 24, 887-905
- Montagud, M.; Orero, P.; Fernández, S. (2020). «Immersive Media and Accessibility: Hand in Hand to the Future», *ITU Journal: ICT Discoveries*, Vol. 3(1).
- Montagud, M.; Li, J.; Cernigliaro, G.; El Ali, A.; Fernández, S.; Cesar, P. (2022). «Towards socialVR: evaluating a novel technology for watching videos together», *Virtual Reality* (Springer).
- Oberdörfer, S.; Heidrich, D.; Latoschik, M.E. (2019). «Usability of gamified knowledge learning in VR and desktop-3D», *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems 2019, CHI'19*, 1-13, Glasgow (UK).
- Radianti, J.; Majchrzak, T.A.; Fromm, J.; Wohlgenannt, I. (2020). «A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda», *Computers & Education*, Vol. 147.
- Roth, D. et al. (2016) «Avatar realism and social interaction quality in virtual reality», *IEEE Virtual Reality (VR) 2016*, 277-278, Greenville (South Carolina, USA).
- Smith, H.J.; Neff, M. (2018). «Communication behavior in embodied Virtual Reality», *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'18)*, Montreal (Canada.)
- Steinicke, F.; Meinecke, A.; Lehmann-Willenbrock, N. (2020). «A first pilot study to compare virtual group meetings using video conferences and (immersive) virtual reality», *ACM Symposium on Spatial User Interaction (SUI) 2020*, Canada (Virtual Event).
- Stone, V.E. (1993). «Social interaction and social development in virtual environments», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2(2), 153- 161.
- Yoshimura, A.; Borst, C.W. (2021). «A Study of Class Meetings» in *VR: Student Experiences of Attending Lectures and of Giving a Project Presentation*, Front. Virtual Real, 2:648619.