

Study of the influence of user characteristics on the virtual reality presence

Jesús Mayor¹, Alberto Sánchez², Laura Raya¹

¹ Centro Universitario de Tecnología y Arte Digital (U-tad), Spain

² Universidad Rey Juan Carlos (URJC), Spain

Abstract

In recent years, virtual reality has grown a lot in different areas of application, including ludic, social and research, being used by a large and growing number of users with different profiles. Presence is one of the most distinctive and important features of a virtual reality experience. The aim of this article is to study the most suitable areas of application for users and to analyze the influence of different characteristics of the user's profile in the perceived presence. We have tested the interest applications indicated by 159 subjects and we have designed an immersive virtual reality experience, testing the behavior and performance of 48 users. The results obtained show that gender can influence the perceptual sensation of presence in these types of virtual environments.

CCS Concepts

•**Computing methodologies** → *Computer graphics*; •**Social and professional topics** → *Gender; Age*; •**Hardware** → *Emerging interfaces*; •**Human-centered computing** → *Human computer interaction (HCI)*

1. Introducción

El avance de la tecnología junto con la expansión de las empresas dedicadas al desarrollo software inmersivo, ha provocado que los contenidos de Realidad Virtual empiecen a ser cada día más utilizados por usuarios no expertos. Los datos estadísticos de venta de gafas de Realidad Virtual (Head Mounted Display, HMD) a nivel mundial [Bra17], indican que este crecimiento es medible en distintos países y para distintos tipos de usuarios. Las predicciones muestran un crecimiento para el año 2020, pronosticando un total de 82 millones de dispositivos vendidos en un mercado tecnológico que alcanzará los 24.000 millones de dólares.

El impacto socioeconómico de los diferentes dispositivos de Realidad Virtual (como pueden ser Oculus CV1, HTC Vive, PlayStation VR, Samsung Gear VR, entre otros) junto al desarrollo de experiencias inmersivas y realistas para utilizarlos, ha provocado que la Realidad Virtual esté teniendo lugar en diferentes áreas de aplicación tanto lúdicas, como en aquellas que poseen impacto social. De esta manera, es posible observar cómo la Realidad Virtual está siendo utilizada en hospitales [MTD*18], clínicas de psicología [PKVGG16], asociaciones con fines sociales, etc. Esta versatilidad de la Realidad Virtual se debe, principalmente, a que la sensación perceptual de presencia resulta muy beneficiosa para estos ámbitos.

La cualidad de presencia es definida como un estado de conciencia que indica la sensación psicológica de sentirse dentro de un entorno virtual. Slater y Wilbur [SW97] distinguieron la defini-

ción perceptual y subjetiva de presencia del concepto de inmersión, el cual se define como una descripción objetiva de la tecnología. Mientras que la inmersión es objetivamente cuantificable a través del análisis del dispositivo que se utiliza, la presencia no lo es. Por ese motivo, se hace necesario buscar métodos que la cuantifiquen a través de la experiencia del usuario.

Esta cualidad perceptual puede ser utilizada a través de la generación de mundos virtuales adaptados a los usuarios y sus características determinadas. Hacerles sentir presentes en entornos virtuales diseñados para revivirles situaciones traumáticas, o para superar fobias en situaciones recreadas por ordenador, resulta, entre otras cosas, un novedoso método de terapia en clínicas de psicología. Entre las aplicaciones más frecuentes encontramos terapias psicológicas de exposición a fobias que puedan ser clínicamente efectivas [PDM15], entrenadores médicos que agilizan el aprendizaje con la presencia [BFBP09] o entrenadores militares para el control del estrés a través de la exposición [PAT*16].

Distintos estudios indican la posible influencia de los distintos perfiles o características de los usuarios sobre la presencia al utilizar diversos medios audiovisuales (videojuegos y televisión [PXTHH*17, MMFMNA17]). Sin embargo, no hay estudios exhaustivos sobre dicha influencia en experiencias de Realidad Virtual.

En el presente trabajo se analizan las tendencias de uso de la Realidad Virtual que existen actualmente, diferenciándose en diversas áreas de aplicación tanto lúdicas como sociales, evaluando

posibles diferencias en función del perfil del usuario. Adicionalmente, se estudia la influencia de características del usuario (sexo y edad) en la sensación de presencia percibida por el usuario. De encontrarse diferencias, implicaría definir nuevas pautas para el diseño de la experiencia virtual en función de estos parámetros.

El trabajo realizado se organiza de la siguiente manera. La Sección 2 muestra el trabajo relacionado. En la Sección 3 se explica el diseño de los experimentos tanto tecnológica como metodológicamente. La Sección 4 detalla los resultados estadísticos obtenidos. Finalmente, la Sección 5 muestra las conclusiones derivadas tras el análisis.

2. Trabajo relacionado

La Realidad Virtual puede ser aplicada a distintos campos, pudiendo ser adaptada a un sinnúmero de usuarios. Por ejemplo, en el estado del arte, podemos encontrar experimentos que utilizan la Realidad Virtual para evaluar la competencia de usuarios frente a una determinada tarea [MTD*18]. Por otro lado, Freina y Ott [FO15] recogen el estado del arte de la Realidad Virtual como herramienta educativa. De manera similar Boga et al. [BGAR13] proponen el uso de la Realidad Virtual para facilitar el aprendizaje a estudiantes universitarios con discapacidad visual. En el mundo de la medicina, Indovina et al. [IBG*18] muestran un compendio de ejemplos en los que la Realidad Virtual se usa como elemento distractor del dolor, utilizándolo como apoyo a los procedimientos médicos convencionales. También como tratamiento, es posible encontrar estudios orientados a grupos específicos de la población divididos por edad, tanto a niños, jóvenes como a adultos [PDM15,DGS*05]. Sobre su uso para sistemas de entrenamiento, se pueden encontrar artículos donde se desarrollan sistemas de Realidad Virtual orientados a un público concreto, como militares [PAT*16] o médicos [BFBP09].

Debido a este notable crecimiento tanto del número de usuarios y sus diferentes características como de las aplicaciones de uso de la Realidad Virtual, la medición de la percepción de presencia es un tema importante que abarcar si se pretende conseguir experiencias virtuales adaptadas realmente al usuario. Una disminución de sensación de presencia no controlada por el diseñador puede dar lugar a experiencias no efectivas en el caso de tratamientos clínicos, no divertidas en el caso de videojuegos o, incluso peligrosas, en el caso de aplicaciones psicológicas orientadas a niños.

Como característica imprescindible de la Realidad Virtual, la presencia debe ser cuidada en detalle y, consecuentemente, estudiada para ver en aquellos casos y en qué condiciones se consigue. Tanto es así, que Slater y Sánchez-Vives [SSV16] proponen, en el estado del arte, una división del concepto de presencia, añadiendo los términos *plausibility* y *place illusion*, y su posibilidad de ser medidos como elementos diferenciados de la presencia. También es posible encontrar artículos que relatan específicamente todos los aspectos relacionados con la presencia [JSSKM01], tanto los resultados que aporta a una experiencia, como sus causas, así como las maneras de evaluarla.

También existen diversos estudios que evalúan las distintas características encontradas en los entornos virtuales como puede ser la presencia, la sensación de mareo producido por el movimiento incontrolado, la fatiga ocular, la inmersión, lo perjudicial de su uso

o la efectividad o rendimiento a la hora de realizar tareas en mundos virtuales [FF16,ZHF*16,BC18].

En cuanto a la presencia, se han definido dos tipos de métodos para poder cuantificarla: medidas subjetivas y medidas objetivas [IdRFA00,BI04]. Según el estado del arte, debido a que la sensación de presencia es una percepción subjetiva de la persona que realiza la experiencia virtual [SW97], resulta adecuado y fiable medirla a través de pruebas subjetivas. Dichas pruebas suelen llevarse a cabo a través de cuestionarios que detectan la presencia sentida. Por otro lado, las evaluaciones objetivas generalmente se ejecutan a través de la utilización de aparatos especializados de medición biométrica. A partir de las mediciones registradas, el experto relaciona las posibles variaciones fisiológicas obtenidas (pulso cardíaco, conductividad, temperatura, etc.) con la sensación de presencia en cada momento de la experiencia. Sin embargo, el mayor inconveniente de este método es que las pruebas objetivas no tienen porque mostrar una clara relación causa-efecto de las variaciones biométricas con la experiencia virtual. Es decir, las variaciones biométricas podrían no ser producidas solamente por el contenido de la experiencia virtual, sino verse afectadas por otros factores como son la ergonomía del medidor, el propio dispositivo de Realidad Virtual utilizado, el cybersickness del usuario, etc. Es por ello, por lo que suelen utilizarse para corroborar resultados obtenidos mediante pruebas subjetivas.

En el presente artículo se han realizado las mediciones de presencia a través de pruebas subjetivas basándonos en la utilización de cuestionarios especializados. Dentro de los distintos cuestionarios diseñados y usados para medir la sensación de presencia en el estado del arte [BI04,JSSKM01] (SUS, PQ, MECSPQ, ITC-SOPI, etc.), se ha seleccionado el cuestionario IPQ [SFR01] por su amplia utilización.

La medición de la presencia resulta especialmente conveniente si, posteriormente, se desea estudiar qué factores pueden influir en ella. Existen distintas investigaciones que determinan la importancia de adaptar los productos interactivos a los distintos perfiles del usuario finales. Estos estudios muestran que algunas características del usuario pueden producir variabilidad en la percepción de dichas experiencias multimedia. Por ejemplo, Alfagame y Sánchez [AS03] analizaron cómo los videojuegos deben orientarse de distinta manera en función de las características del usuario que vaya a utilizarlo. En esta misma línea, hay estudios que analizan las diferencias en el caso del género [Die04, Hal90] y en el caso de las variaciones de la edad [RM98, Sub94].

De manera concreta, Annetta et al. [AMH*09] estudiaron el efecto del género durante el aprendizaje a través de metodologías gamificadas en entornos virtuales. Sus resultados indican que no hay diferencia durante el aprendizaje según el género. Felnhofer et al. [FKB*12] analizaron la influencia del género en la sensación de presencia dentro de entornos virtuales. Para ello, hace uso del dispositivo eMagin Z800 3D y del software Ogre3D para la generación del mundo. Según sus resultados, existe diferencia significativa entre hombres y mujeres en la sensación de presencia, aportando mayor nivel de presencia para el género masculino. Sin embargo, las tecnologías utilizadas resultan muy obsoletas en comparación con las actuales, desconociendo si esta diferenciación se repetiría en un nuevo estudio. Adicionalmente, es posible encontrar estudios

que analizan la presencia desde un nivel neurológico comparando usuarios niños y adultos. Baumgartner et al. [BSW*08] encontraron diferencias cerebrales en el funcionamiento de la presencia.

La presente investigación analiza el tipo de aplicaciones de Realidad Virtual más demandadas en la actualidad por distintos tipos de usuarios. Con este objetivo, pretendemos contextualizar el escenario de uso real y efectivo actual de la Realidad Virtual, determinando las aplicaciones y usos que pueden ser más demandados. A continuación, se estudia si existe una diferencia estadísticamente significativa en la percepción de presencia en función del género del usuario (hombre o mujer) y de su edad, basándonos en los nuevos dispositivos y un software diseñado específicamente para fomentar la presencia.

3. Diseño de los Experimentos

3.1. Análisis de uso de la Realidad Virtual

Debido a la aparición de los nuevos dispositivos de Realidad Virtual, definidos por sus fabricantes como más inmersivos, ergonómicos y económicos que los anteriores; junto al cada vez mayor impacto que los contenidos virtuales están teniendo en la sociedad, se hace necesario un estudio donde se analice las diferentes opiniones de los usuarios en relación con el uso de la Realidad Virtual. De manera concreta, en este trabajo se ha realizado un análisis de la tendencia de los usuarios en lo que a uso propio y proyección actual de la Realidad Virtual se refiere.

Con este fin, se ha diseñado un cuestionario inicial compuesto por 12 preguntas donde se desea obtener información (en primera y tercera persona) relacionada con la adecuación de la Realidad Virtual en distintos ámbitos de utilización según los usuarios:

1. Cuánto ve el usuario de apropiado el uso de la Realidad Virtual en distintas áreas de aplicación por la sociedad (adecuación del uso en tercera persona).
2. Cuánto ve el usuario de apropiado utilizar para sí mismo la Realidad Virtual en distintas áreas de aplicación (adecuación del uso en primera persona).

Las áreas de uso que se han analizado respecto a esos dos enfoques corresponden a las más utilizadas halladas en el estado del arte. Dichas áreas de uso son: videojuegos, educación, distintos sistemas de entrenamiento (ya sea militar, médico o vuelo), uso en accesibilidad e igualdad de oportunidades, tratamiento médico y elemento distractor del dolor.

El cuestionario se ha definido con una escala psicométrica de Likert de 5 ítems, siendo 1 *Nada de acuerdo* y 5 *Totalmente de acuerdo*.

3.1.1. Participantes

En este primer estudio han participado 159 personas al azar a través de Internet (92 hombres y 67 mujeres). El rango de edad de los sujetos participantes se define desde los 17 años hasta los 71, con una media de edad de 31.86 y una desviación típica de 15.453. Entre los perfiles de los usuarios encontramos estudiantes universitarios, jubilados, abogados, informáticos, economistas, matemáticos, artistas, ingenieros, arquitectos, médicos, directores de cine, psicólogos, etc.

3.2. Desarrollo de la Experiencia Virtual

Generar una experiencia de Realidad Virtual que permita evaluar la presencia a distintos tipos de usuarios requiere un diseño específico de la misma. Con este fin, se ha desarrollado una experiencia compuesta por cuatro capítulos que hacen uso de un HMD actual con mandos para la interacción. La división de la experiencia en cuatro partes complementadas entre sí se debe a la importancia de otorgar un descanso del usuario entre las mismas. De esta manera, se puede aumentar el tiempo de exposición del usuario en mundos virtuales durante el experimento, evitando posibles mareos producidos por una larga exposición continuada que pueda influir en la sensación de presencia.

Adicionalmente, esta división en capítulos se ha aprovechado para producir distintos tipos de emociones en el usuario, lo que según Matthias y Beckhaus [MB12], permite incrementar la presencia. Resulta clave para el experimento asegurar un nivel de presencia con el que trabajar, ya que, por el contrario, el estudio podría verse influenciado si ningún usuario sintiera presencia durante el experimento.

Las emociones seleccionadas en cada uno de los capítulos se han determinado a partir de la rueda de Plutchick [Plu62]. Dicha rueda clasifica las emociones diferenciándolas en ocho tipos de emociones base (alegría, miedo, sorpresa, tristeza, asco, enojo, anticipación y confianza). Basándonos en ella, los cuatro capítulos que forman la experiencia total han sido diseñados con el objetivo de producir emociones cercanas entre sí. De manera concreta, exponemos a continuación las emociones y el objetivo de cada capítulo:

- **Primer capítulo (Anticipación, Alegría y Confianza):** Se trata de la introducción de la experiencia, compuesta por una narración que introduce al usuario en el contexto de la historia virtual [Min03]. En este primer capítulo, el usuario tiene tiempo para explorar el escenario virtual. La narrativa de la experiencia se centra en presentar a los personajes virtuales creando una atmósfera de alegría y confianza para el usuario a través de bromas y efectos. El objeto es que el usuario empatice con los personajes a través de las acciones y la interacción con los mismos. En la Figura 1A podemos observar al avatar principal de la experiencia.
- **Segundo capítulo (Enfado, Disgusto y Tristeza):** En esta parte se provocan nuevas emociones como son la tristeza o el disgusto a través del guion escogido. La narrativa permite al usuario adquirir un mayor grado de confianza con el avatar al poder experimentar en primera persona cómo éste se enamora de otro de los avatares creados (Figura 1B). Tras esta parte del guion, el avatar sufre un accidente en el mundo virtual y el usuario tiene que ayudarlo para que se recupere. El accidente potencia los sentimientos de tristeza buscados en el usuario para este capítulo.
- **Tercer Capítulo (Alegría, Confianza y Miedo):** Esta parte se focaliza en explotar nuevamente emociones de confianza y alegría, siguiendo el proceso recomendado por la rueda de Plutchick. Esto se consigue al continuar la narración con la cooperación entre el usuario y el avatar. En este caso, el avatar pide, nuevamente, ayuda al usuario, pero a través de una tarea ingeniosa, consistente en realizar un puzzle (ver Figura 1C). En este caso la tarea es divertida y se humoriza mediante la narración. Finalmente, se abre un foso en el suelo repentinamente.

- **Cuarto capítulo (Confianza, Miedo y Sorpresa):** Esta última parte pretende explotar, principalmente, la sensación de sorpresa. Para ello se ha potenciado que el usuario realice una acción ficticia, imposible de reproducir en la vida real. Beckhaus y Lindeman [BL11] introdujeron el término de *experiential fidelity*, el cual está fuertemente relacionado con la presencia. Ellos recomiendan “traer la magia” a los entornos virtuales haciendo a los usuarios experimentar acciones que no puedan realizar en la vida real debido a las limitaciones físicas. En este caso, al usuario se le pide saltar por el portal que vemos en la Figura 1C para finalmente terminar teletransportándose a la Figura 1D. Esto requiere valentía, miedo y confianza del usuario. Este salto al vacío favorece los niveles de presencia en el usuario.

Con este diseño de guion en la experiencia virtual, el objetivo es obtener niveles de presencia elevados, facilitando el análisis posterior de la variación de presencia en función de las características del usuario. Para el desarrollo de la experiencia se ha utilizado Maya 2018 y Unity 5.5.2, asegurando que los contenidos generados por ordenador sean lo más realistas posibles.

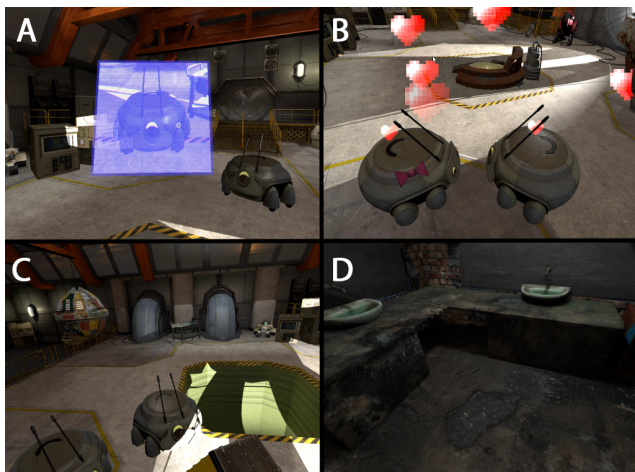


Figura 1: Esta figura muestra varias capturas del entorno virtual desarrollado para la experimentación. Estas imágenes fueron reproducidas a tiempo real con estereoscopia.

3.2.1. Medición de la presencia: Igroup Presence Questionnaire

Dentro de los métodos de medición subjetiva de la sensación de presencia, Igroup Presence Questionnaire (IPQ) [SFR01] es uno de los test más reconocidos y utilizados en la investigación perceptual de la presencia. Los nuevos dispositivos de Realidad Virtual podrían afectar a esta sensación de presencia y, consecuentemente, invalidar el test. Sin embargo, Vasconcelos-Raposo et al. [VRBM*16] han demostrado que su traducción del IPQ sigue siendo efectiva con tecnologías cercanas a las usadas en este artículo.

El cuestionario IPQ es una medición de presencia diseñada a través del compendio de varios cuestionarios de medición [SUS94, WS98], formulándose con aquellas preguntas más características para la detección de los niveles de presencia. Estas preguntas se definen a partir de una escala psicométrica de Likert [0-6 puntos]

que debe contestar el usuario tras su exposición al mundo virtual. Este cuestionario consta de 3 preguntas invertidas de las 14 en total que lo conforman, por lo que hay que tratarlas de manera especial en su evaluación.

Las preguntas que componen el cuestionario IPQ se agrupan en distintas métricas que relacionan aspectos específicos de la presencia:

- **Spatial Presence (SP):** Medición de la sensación de sentirse físicamente presente en el entorno virtual.
- **Involvement (INV):** Medición de la atención prestada al entorno virtual y la percepción de sentirse envuelto por el entorno virtual.
- **Realism (REAL):** Medición subjetiva experimentada del realismo del entorno virtual.

Adicionalmente, este cuestionario tiene una pregunta **General (G)** que tiene peso en los otros tres grupos. Esta única pregunta se usa para calcular un nivel general de presencia indicada de manera directa por el usuario. Sin embargo, debido a que se compone de una única pregunta, tiene mayor relevancia los valores específicos de las tres medidas agrupadas (SP, INV y REAL) para analizar la sensación de presencia de usuario de manera concreta.

Para la implementación de este cuestionario seguimos los pasos indicados por los autores del cuestionario IPQ [IPQ]. Los autores indican que los resultados generales de estas tres variables deben calcularse a través de la media de las preguntas que las conforman. En [IPQ] también se pueden encontrar las preguntas que utilizadas para realizar este estudio.

3.2.2. Entorno Experimental

Las experiencias inmersivas desarrolladas han sido utilizadas por los usuarios usando un HMD de Realidad Virtual HTC Vive. Estas gafas permiten fomentar la presencia gracias al movimiento natural que ofrece y la interacción disponible a través de sus mandos posicionales dentro del entorno virtual.

Para la ejecución de los experimentos se ha utilizado un espacio físico de trabajo (de 4m x 4m) aislado de estímulos externos. En la Figura 2 es posible visualizar la realización del experimento de uno de los usuarios. Todos los usuarios han realizado las pruebas en mismo espacio físico y con el mismo dispositivo de realidad virtual.

El audio de la experiencia se ha reproducido a través de unos cascos circunaurales cerrados que favorecen el aislamiento frente a sonidos externos. De esta manera, se ha evitado que el usuario preste atención al mundo real una vez sumergido en la experiencia virtual de experimentación.

Antes de pasar el experimento al conjunto de sujetos, se ha validado el procedimiento a través de un grupo de control formado por cinco personas. Esto ha validado la duración del test y la no influencia de variables extrañas. La duración media de cada exposición ha sido de 6.25 minutos por experiencia. Entre experiencia y experiencia el usuario rellena el cuestionario IPQ y descansa 5 minutos. El experimento completo está formado por los cuatro capítulos detallados en el apartado 3.2, que son ejecutados siempre en el mismo orden.



Figura 2: Esta figura muestra uno de los usuarios preparándose para la realización de los experimentos.

3.2.3. Participantes

El número de sujetos que han realizado el experimento de evaluación de presencia son 48 (divididos en 24 hombres y 24 mujeres), los cuales se encuentran dentro de un rango de edad entre 18 y 62 años. La edad media de la población testada corresponde a 30.59 años con una desviación típica de 11.996. Todos los sujetos realizaron el experimento bajo las mismas condiciones (mismo dispositivo de realidad virtual, mismo ordenador, mismo aislamiento y mismo procedimiento. Todo ello con un mismo supervisor).

Todos los participantes fueron expuestos a cada una de las experiencias y realizaron el cuestionario IPQ tras cada una de ellas, aportando así más información para el estudio comparativo final.

4. Resultados

El análisis estadístico de los datos y la generación de las gráficas se ha realizado utilizando SPSS v24. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del estudio realizado, tanto la encuesta como el análisis de presencia a través del IPQ.

4.1. Análisis de uso de la Realidad Virtual

Un primer análisis a través de un test estadístico de Kolmogorov-Smirnov ha mostrado que la muestra no es paramétrica a un nivel de significación de $p < 0.05$ para todas las variables de la encuesta ($p = .000$). Por ello, se han utilizado pruebas no paramétricas para los diferentes estudios.

Se observa que el interés de los 159 usuarios es considerablemente alto en todos los ámbitos de aplicación de la Realidad Virtual, siendo el menor valorado el uso relacionado como técnica “paliativa del dolor” con una puntuación media de 3.89 (mediana = 4) para el uso general y con una puntuación media de 3.72 (mediana = 4) para el uso propio del usuario. El aspecto más puntuado ha sido “sistema de entrenamiento” con una puntuación media de 4.52 (mediana = 5) como uso general y con una puntuación media de 3.97 (mediana = 5) para uso propio (ver Tabla 3). Esto indica

que el uso de la Realidad Virtual está llegando a aspectos no solamente relacionados con el ámbito lúdico, sino también educativo, sistemas de entrenamiento o medicina, tanto para usuarios hombres como mujeres no expertas de distintos niveles de edad.

En la Figura 4 se pueden observar los resultados obtenidos de la encuesta en cuanto al uso de la Realidad Virtual que los usuarios consideran apropiados de forma general (diagrama de barras de color naranja) y los resultados relacionados al uso de la Realidad Virtual que el usuario considera apropiado para utilizarlo él mismo (diagrama de barras de color azul).

	Uso General		Uso Propio	
	Media (desv.)	Mediana	Media (desv.)	Mediana
Videojuegos	4.17 (1.092)	5	3.79 (1.447)	4
Educación	4.01 (1.09)	4	3.81 (1.240)	4
Entrenamiento	4.52 (.878)	5	3.97 (1.394)	5
Accesibilidad	3.99 (1.199)	4	3.74 (1.352)	4
Medicina	4.12 (1.122)	5	3.82 (1.335)	4
Paliativo	3.89 (1.178)	4	3.72 (1.331)	4

Figura 3: Valores medios, medianas y desviaciones típicas obtenidas en cuanto al uso general que los usuarios consideran apropiado para la Realidad Virtual (columna **Uso General**), y en cuanto al uso que el usuario ve apropiado para sí mismo (columna **Uso Propio**).

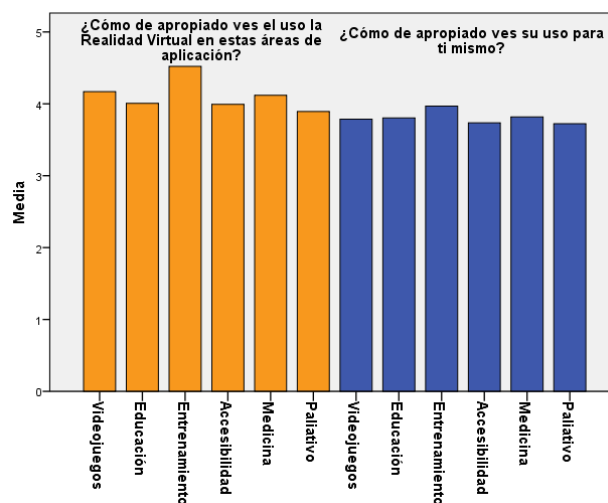


Figura 4: Esta gráfica muestra la media del uso de la Realidad Virtual en distintos áreas de aplicación indicada por los usuarios para todas las preguntas realizadas.

El grupo de preguntas relacionadas con el uso de la Realidad Virtual de forma general ha reportado una media de 4.220, una mediana de 4.5 y una desviación de .920, frente al uso que el usuario indica que le resulta apropiado para su propia utilización, el cual ha reportado una media menor con un valor medio de 3.905, una mediana de 4 y una desviación de 1.126. El test estadístico de Wilcoxon realizado ($Z = -3.988$, $p = .000$), indica que existen diferencias significativas entre aquello que los sujetos realmente conside-

ran que la Realidad Virtual puede ser apropiada para la Sociedad frente a aquello en lo que ellos mismos la utilizarían.

Con el fin de identificar si existe variación en cuanto al uso general de la Realidad Virtual (o el uso propio de la misma) según las distintas características del usuario, se ha procedido a agrupar los sujetos en función del género y en función de la edad.

Con el fin de analizar las posibles diferencias en cuanto a género, se han seleccionado 67 hombres de forma aleatoria de la población total de 97 que respondieron la encuesta. De esta forma, se ha generado un grupo de control de 67 hombres y otro de 67 mujeres. Con este grupo de control, se ha realizado un estudio estadístico utilizando test estadístico de U de Mann-Whitney. Los resultados no muestran diferencias significativas entre géneros de manera global (nivel de significación de $p < 0.05$). Estos resultados se obtuvieron comparando el primer conjunto de preguntas ($U = 2803$, $p = .309$) y el segundo conjunto de preguntas ($U = 2874$, $p = .457$).

Podemos ver en la Figura 5 las medias obtenidas para ambos géneros. Se muestran los datos del género masculino tanto para los usos generales (media = 4.071, desv. = .826) como para los usos propios (media = 3.824, desv. = .944) y los datos del género femenino para los usos generales (media = 4.182, desv. = .748) como los propios (media = 3.781, desv. = 1.023). Otro contraste a través del test estadístico de U de Mann-Whitney ha detectado diferencias significativas teniendo en cuenta los diferentes sectores analizados de manera individual. En el caso del uso propio, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para el ámbito de videojuegos ($U = 2016.5$, $p = .000$), donde las mujeres indicaron menor interés que los hombres.

A pesar de no haber mostrado más diferencias significativas al nivel de significación que se fijó con antelación, se ha observado diferencias a nivel de confianza del 90% ($p < 0.10$), en el uso general de la Realidad Virtual para los ámbitos de entretenimiento ($U = 2696.5$, $p = .087$), médico ($U = 2614$, $p = .077$) y paliativo ($U = 2589$, $p = .070$). En el caso del uso propio, la accesibilidad (al 90% de confianza) muestra diferencias significativas ($U = 2627.5$, $p = .097$) donde las mujeres reportan mayor uso que los hombres.

Para analizar las posibles diferencias en tendencias de uso en función de la edad del usuario, se ha llevado a cabo un test de correlación lineal de Spearman con los resultados medios obtenidos en cada grupo de preguntas. No se ha encontrado ninguna variable que obtenga un coeficiente de correlación lineal alto y un nivel de significación de ($p < 0.05$). Los resultados han sido para el primer grupo de preguntas (Coef. Correlac. = 0.054, $p = .496$) y para el segundo grupo de preguntas (Coef. Correlac. = 0.037, $p = .648$). Tras analizar las representaciones visuales de dispersión para estas variables, no se han detectado ningún otro tipo de correlación clara. Por lo tanto, no podemos concluir que exista algún tipo de correlación entre ambas variables.

4.2. Análisis de la medición de presencia

Los datos recogidos a partir de los test realizados a los 48 participantes de este segundo experimento han sido analizados a través de un test de normalidad para determinar si siguen una distribución normal (a través de un test estadístico de normalidad de

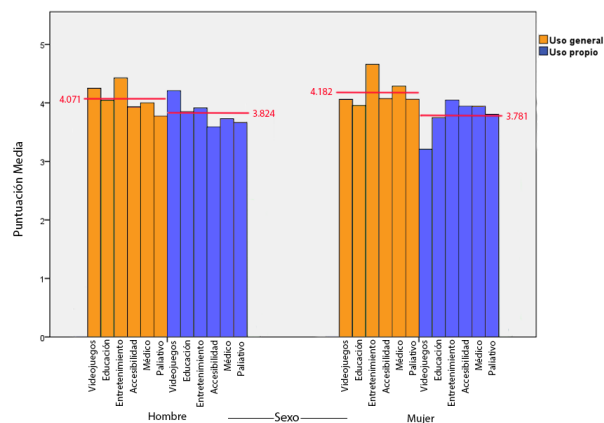


Figura 5: La imagen muestra las medias del uso de la Realidad Virtual por género en distintos áreas de aplicación indicada por los usuarios. En rojo podemos observar la media general de las respuestas de cada sexo por cada grupo de preguntas.

Kolmogorov-Smirnov). Este test ha indicado que la muestra no sigue una distribución normal ($p < 0.05$) por lo que se han analizado los datos con métodos no paramétricos.

Inicialmente, para comprobar que los cuatro capítulos de la experiencia virtual fueron correctamente diseñados a nivel de presencia, se ha realizado un primer análisis de las puntuaciones de presencia obtenidas de forma general. Los resultados otorgados relacionados sobre el nivel de presencia son altos, habiendo obtenido un valor de G igual a 5.112 sobre 6 (ver Tabla 6). Esto significa que la experiencia virtual ha resultado tener una presencia elevada para la mayoría de los usuarios.

Variable	G	SP	INV	REAL
Media	5.112	4.79	4.46	3.04
Desviación típica	1.04	0.850	1.13	0.996

Figura 6: En esta tabla se muestran los resultados (valores medios) que se han obtenido de manera general en nuestro estudio para el cuestionario IPQ.

Una vez confirmado que el entorno experimental consigue un nivel de presencia alto, se ha considerado necesario evaluar si este nivel de presencia es similar en los cuatro capítulos o existe variación entre ellos. En este caso, sería recomendable determinar qué aspectos pueden fomentar mayor nivel de presencia. Para ello, se ha llevado a cabo un test de Friedman para diferencias entre medidas repetidas, debido a que un mismo usuario repite el cuestionario en cada capítulo de experiencia.

El test estadístico de Friedman no ha reportado diferencias estadísticamente significativas en cuanto a presencia entre los cuatro capítulos. De manera detallada, los valores obtenidos para las variables de presencia del cuestionario IPQ han sido: para la presencia espacial (SP) (Chi-Square = 5.69, $p = 0.128$), para lo envuelto que se siente el usuario en el entorno (INV) (Chi-Square = 4.46, $p = 0.216$) y para lo real que le parece (REAL) (Chi-Square = 1.42, p

= 0.699). Estos resultados indicaron que los cuatro capítulos tienen un nivel de presencia similar para la mayoría de los sujetos.

4.2.1. Estudio en función del género

El primer objetivo de nuestro estudio fue determinar si existe una diferencia significativa entre hombres y mujeres en cuanto a la sensación perceptual de presencia dentro de entornos de Realidad Virtual. Para ello, se ha realizado el test U de Mann-Whitney con un nivel de significación de $p < 0.05$, que se encarga de buscar diferencias significativas entre dos grupos sin que haya medidas repetidas entre ellos.

Se han observado diferencias significativas entre ambos géneros en la variable “presencia espacial” SP ($U = 3652.5$, $p = 0.013$), repercutiendo en la presencia general del estudio (G) ($U = 3464$, $p = 0.001$). Se pueden observar los resultados en la Tabla 7.

	G	SP	INV	REAL
U de Mann-Whitney	3464	3652.5	4055.5	4410
W de Wilcoxon	8120	8308.5	8711.5	9066
Z	-3.187	-2.491	-1.443	-.516
Sig. Asintótica (bilateral)	.001**	.013*	.148	.606

Figura 7: Esta tabla muestra los resultados de la prueba estadística U de Mann-Whitney para medidas independientes realizada. En ella se puede observar diferencias significativas entre las distribuciones para los géneros masculinos y femeninos en las variables G y SP. (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

Estas diferencias son reportadas con unos valores para la variable G de (media = 4.92, desv. = 1.08) en hombres y (media= 5.32, desv. = 0.96) en mujeres. Para la variable SP se observa unos valores de (media = 4.64, desv. = 0.84) en hombres, frente a (media = 4.933, desv. = 0.84) en mujeres. En la Figura 8, se puede observar estos resultados gráficamente.

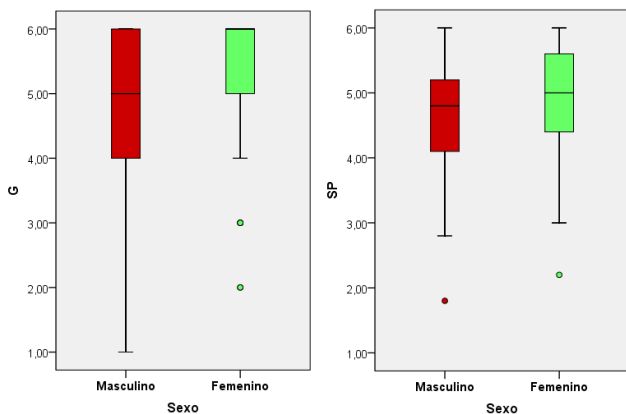


Figura 8: Tabla que muestra los valores medios con su desviación típica y el error para ambas variables. De manera vertical, se puede observar las puntuaciones y de manera horizontal los diferentes géneros.

4.2.2. Estudio en función de la edad

Otra característica de usuario que se ha analizado en el presente estudio es evaluar si existen diferencias en la sensación de presencia en función de la edad. Para este análisis, se ha realizado una prueba estadística de correlación lineal no paramétrica de Spearman. Esta prueba se encarga de buscar si hay alguna relación entre dichas variables, ya sea directa o inversa. Se pueden ver en la Figura 9 los resultados obtenidos para esta prueba. Aunque existe una significación bilateral en ciertos casos, el coeficiente de correlación no muestra una tendencia clara en función de la edad.

	G	SP	INV	REAL
Coefficiente de correlación	.034	.016	.172*	.110
Sig. (bilateral)	.664	.828	.017	.129

Figura 9: Esta tabla muestra los resultados de la prueba de correlación de Spearman. En las variables donde hay resultados significativos, el coeficiente de correlación es muy cercano a 0, indicando que no hay correlación alguna. (* $p < 0.05$)

Tras analizar la representación visual de los datos con un diagrama de dispersión, tampoco se ha encontrado otro tipo de correlación no-lineal para ninguna de las variables del cuestionario. Además se ha tratado de dividir a los usuarios en dos grupos de edades con muestras equivalentes. En este estudio tampoco se hayaron diferencias significativas. Por consiguiente, no se han encontrado indicios de que la edad influya en la percepción de la presencia para los usuarios con las técnicas para incrementar la presencia y dispositivos actuales.

5. Discusión

En este artículo se ha realizado un estudio sobre las tendencias de uso de la Realidad Virtual validado por 159 sujetos. Además, se ha evaluado con 48 sujetos el posible impacto que la sensación de presencia puede tener en función de las características del usuario que utiliza las experiencias de Realidad Virtual. Nos hemos centrado en el análisis de las diferencias a nivel de presencia en función de la edad y del género de los usuarios que utilizan contenidos inmersivos.

Con el primer estudio, se ha concluido que los usuarios han otorgado valores muy altos relacionados con el uso apropiado de la Realidad Virtual, tanto para un uso general de la sociedad como para el suyo propio. Esto indica un gran nivel de confianza en la evolución de esta tecnología para los sujetos analizados. De manera concreta, los usuarios actuales ven el uso de la Realidad Virtual apropiado en entornos tanto lúdicos como sociales, especialmente en aquellos relacionados con la medicina, la educación, los sistemas de entrenamiento, etc. De manera similar, los usuarios han indicado que ellos mismos utilizarían la Realidad Virtual en estos mismos ámbitos, destacando los sistemas de entrenamiento, educación y medicina como las tres aplicaciones donde los sujetos indican que más utilizarían la Realidad Virtual. Se han encontrado diferencias significativas entre hombres y mujeres en el uso de la realidad virtual: Tanto en el uso general, como en el uso propio para algunos ámbitos de aplicación. No se han encontrado diferencias significativas en cuanto a la edad. Adicionalmente, se han encontrado diferencias significativas entre lo que el usuario ve como

apropiado en términos generales del uso de la Realidad Virtual con lo que él mismo utilizará de manera concreta.

Concluimos, por tanto, que la Realidad Virtual es utilizada y está dirigida a todo tipo de usuarios, indistintamente de su edad o género. Y que existen diferencias en cuanto al público objetivo en función del ámbito de aplicación de la experiencia virtual en sí misma.

En el segundo estudio los resultados nos han indicado que hay diferencias significativas en la forma de percibir la presencia para ambos géneros. Se ha analizado cómo las mujeres llegan a niveles de presencia mayor con un mismo entorno de realidad virtual, especialmente en cuanto a la presencia espacial se refiere. Es interesante observar que estos resultados han sido opuestos a los obtenidos en el estudio de Felnhofer et al. [FKB*12] anterior al año 2012. Este estudio fue realizado con un dispositivo de Realidad Virtual que actualmente ha quedado obsoleto (eMagin Z800 3D), y con un motor de videojuegos menos realista. Resulta muy interesante la comparativa, pues en su estudio las mujeres mostraban menor nivel de presencia en entornos menos realistas o con dispositivos menos inmersivos que permitían el acceso a la luz, en comparación con los utilizados en el presente estudio. Sería interesante, analizar en un futuro, qué factores como la similitud con la realidad física o la interactividad a través de las manos hacen que las mujeres lleguen a mayores niveles de presencia con la tecnología actual que no conseguían con la tecnología de hace seis años.

Nuestros datos demuestran que existe una diferencia significativa en cuanto a presencia espacial, que no puede ser obviada en el diseño de nuevas experiencias. Por ejemplo, durante el proceso de diseño de un videojuego de Realidad Virtual dirigido a un público colectivo principalmente masculino, el videojuego deberá utilizar técnicas que exploten la presencia en mayor medida para alcanzar el mismo nivel que con mujeres.

En cuanto a la edad, los resultados no han mostrado diferencias significativas entre los sujetos de edad adulta encuestados. Si bien es cierto, existen estudios que indican que en niños el proceso cerebral puede resultar diferente [BSW*08].

Teniendo en cuenta que la sensación de presencia es imprescindible para asegurar la efectividad de la Realidad Virtual en todos los ámbitos de uso que los usuarios del primer estudio han determinado como ámbitos apropiados, estas conclusiones afectan notablemente a la toma de decisión de los diseñadores de futuras experiencias de Realidad Virtual. Una aplicación de Realidad Virtual utilizada como tratamiento de una fobia, por ejemplo, no puede tener menos presencia y, por tanto, no funcionar de la misma manera, si el usuario final es un hombre o una mujer.

Con el fin de alcanzar un diseño de Realidad Virtual adaptado a cada usuario, trabajos futuros podrían analizar también, junto con la presencia, otros factores de análisis típicos en la realidad virtual, como el mareo, que ya se analizó con dispositivos de otras generaciones [ZHF*16, BC18, FF16], pero cuyos resultados pueden verse afectados con las nuevas tecnologías disponibles en el mercado.

References

- [AMH*09] ANNETTA L., MANGRUM J., HOLMES S., COLLAZO K., CHENG M.-T.: Bridging realty to virtual reality: Investigating gender effect and student engagement on learning through video game play in an elementary school classroom. *International Journal of Science Education* (2009). 2
- [AS03] ALFAGAME B., SÁNCHEZ P.: Un instrumento para evaluar el uso y actitudes hacia los videojuegos. *Píxeletica-Bit* (2003). 2
- [BC18] BUTTUSSI F., CHITTARO L.: Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety training scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 24, 2 (Feb 2018), 1063–1076. doi:10.1109/TVCG.2017.2653117. 2, 8
- [BFBP09] BAYONA S., FERNÁNDEZ-ARROYO J. M., BAYONA P., PASTOR L.: A new assessment methodology for virtual reality surgical simulators. *Computer Animation and Virtual Worlds* 20, 1 (2009), 39–52. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cav.268>, arXiv:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/cav.268>, doi:10.1002/cav.268. 1, 2
- [BGAR13] BOGA A., GARRE C., A. S., RAYA L.: Visualización háptica en entornos educativos orientados a estudiantes con discapacidad visual. *IV JORNADAS EN INNOVACION Y TIC EDUCATIVAS (JITICE 2013, Madrid)* (2013). 2
- [BI04] BAREN J. V., IJSSELSTEIJN W.: Measuring presence: A guide to current measurement approaches. *Deliverable of the OmniPres project* (2004). 2
- [BL11] BECKHAUS S., LINDEMAN R. W.: *Experiential Fidelity: Leveraging the Mind to Improve the VR Experience*. Springer Vienna, Vienna, 2011, pp. 39–49. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-211-99178-7_3, doi:10.1007/978-3-211-99178-7_3.4
- [Bra17] BRAIN S.: Vr virtual reality technology statistics, 2017. [Online; accessed 10-March-2018]. URL: <https://www.statisticbrain.com/vr-virtual-reality-technology-statistics/>. 1
- [BSW*08] BAUMGARTNER T., SPECK D., WETTSTEIN D., MASNARI O., BEELI G., JÄNCKE L.: Feeling present in arousing virtual reality worlds: prefrontal brain regions differentially orchestrate presence experience in adults and children. *Frontiers in Human Neuroscience* 2 (2008), 8. URL: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/neuro.09.008.2008>, doi:10.3389/neuro.09.008.2008. 3, 8
- [DGS*05] DAS D. A., GRIMMEREMAIL K. A., SPARNON A. L., MCRAE S. E., THOMAS B. H.: The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: A randomized controlled trial. *BMC Pediatrics* (2005). 2
- [Die04] DIEZ J. E. A.: La diferencia sexual en el análisis de los videojuegos. *Instituto de la Mujer y Ministerio de Educación y Ciencia*. (2004). 2
- [FF16] FERNANDES A. S., FEINER S. K.: Combating vr sickness through subtle dynamic field-of-view modification. In *2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)* (March 2016), pp. 201–210. doi:10.1109/3DUI.2016.7460053. 2, 8
- [FKB*12] FELNHOFER A., KOTHGASSNER O., BEUTL L., HLAVACS H., KRYSPIN-EXNER I.: Is virtual reality made for men only? exploring gender differences in the sense of presence. In *International Society for Presence Research Annual Conference ? ISPR 2012* (Philadelphia, Pennsylvania, USA, October 2012). We earned the BEST PAPER AWARD! URL: <http://eprints.cs.univie.ac.at/3557/>. 2, 8
- [FO15] FREINA L., OTT M.: A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. 2
- [Hal90] HALL E.: The effect of performer gender, performer skill level, and opponent gender on self-confidence in a competitive situation. *Sex Roles: A Journal of Research* (1990). 2
- [IBG*18] INDOVINA P., BARONE D., GALLO L., CHIRICO A., DE PIETRO G., ANTONIO G.: Virtual reality as a distraction intervention to

- relieve pain and distress during medical procedures: A comprehensive literature review. *The Clinical journal of pain* (February 2018). URL: <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000599>, doi:10.1097/ajp.0000000000000599. 2
- [IdRFA00] IJSELSTEIJN W. A., DE RIDDER H., FREEMAN J., AVONS S. E.: Presence: concept, determinants, and measurement. In *Human Vision and Electronic Imaging* (2000). 2
- [IPQ] www.igroup.org – project consortium. <http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>. Accessed: 2018-05-02. 4
- [JSSKM01] J. SCHUEMIE M., STRAATEN P. V. D., KRIJN M., MAST C. V. D.: Research on presence in virtual reality: A survey. 183–201. 2
- [MB12] MATTHIAS H., BECKHAUS S.: Adaptive generation of emotional impact using enhanced virtual environments. *Presence* 21, 1 (Feb 2012), 96–116. doi:10.1162/PRES_a_00092. 3
- [Min03] MINE M.: Towards virtual reality for the masses: 10 years of research at disney s vr studio. In *IPTEGVE* (2003). 3
- [MMFMNA17] MENÉNDEZ MENÉNDEZ M. I., FIGUERAS-MAZ M., NÚÑEZ ANGULO B. F.: Consumo y percepción juvenil sobre la ficción seriada televisiva: influencia por sexo y edad, 2017. 1
- [MTD*18] MCGRATH J. L., TAEKMAN J. M., DEV P., DANFORTH D. R., MOHAN D., KMAN N., CRICLOW A., BOND W. F., FERNANDEZ R., RIKER S., LEMHENY A. J., TALBOT T. B., FRANZEN D., MCCOY C. E., CHIPMAN A., PAREKH K., PAPA L., HARTER P., FREY J., HOCK S., KERRIGAN K., KESAWADAN K., KOBOLDT T., KULKORNIA M., MAHAJAN P., PUSIC M., ROBINSON D., RUBY D., SANKARAN N. K., SIEGELMAN J., WANG E., WON K.: Using virtual reality simulation environments to assess competence for emergency medicine learners. *Academic Emergency Medicine* 25, 2 (2018), 186–195. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/acem.13308>, arXiv:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/acem.13308>, doi:10.1111/acem.13308. 1, 2
- [PAT*16] PALLAVICINI F., ARGENTON L., TONIAZZI N., ACETI L., MANTOVANI F.: Virtual reality applications for stress management training in the military. *Aerospace Medicine and Human Performance* 87, 12 (2016), 1021–1030. URL: <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/amhp/2016/00000087/00000012/art00009>, doi:10.3357/AMHP.4596.2016. 1, 2
- [PDM15] PEPERKORN H. M., DIEMER J., MÜHLBERGER A.: Temporal dynamics in the relation between presence and fear in virtual reality. *Computers in Human Behavior* 48 (2015), 542 – 547. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563215001260>, doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.028>. 1, 2
- [PKVGG16] POT-KOLDER R., VELING W., GERAETS C., GAAG M. V. D.: Effect of virtual reality exposure therapy on social participation in people with a psychotic disorder (vretp): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 17 (2016), 25. 1
- [Plu62] PLUTCHIK R.: *The emotions: facts, theories, and a new model*. Studies in psychology. Random House, 1962. URL: <https://books.google.es/books?id=VF99AAAAMAAJ>. 3
- [PXTHH*17] PING W., XING-TING Z., HAN-HUI L., YI-WEN Z., YANG H., HUI-JIE L., XI-NIAN Z.: Age-related cognitive effects of videogame playing across the adult life span. *Games for Health Journal* 6, 4 (2017), 237–248. PMID: 28609152. URL: <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0005>, arXiv:<https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0005>, doi:10.1089/g4h.2017.0005. 1
- [RM98] ROE K., MULIS D.: Children and computer games: A profile of heavy user. *European Journal of Communication* (1998). 2
- [SFR01] SCHUBERT T., FRIEDMANN F., REGENBRECHT H.: The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 10, 3 (2001), 266–281. URL: <https://doi.org/10.1162/105474601300343603>, arXiv:<https://doi.org/10.1162/105474601300343603>, doi:10.1162/105474601300343603. 2, 4
- [SSV16] SLATER M., SANCHEZ-VIVES M. V.: Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI* 3 (2016), 74. URL: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/frobt.2016.00074>, doi:10.3389/frobt.2016.00074. 2
- [Sub94] SUBRAHMANYAM K.: Effects of video game practice on spatial skills in girls and boys. *Journal of applied Developmental Psychology* (1994). 2
- [SUS94] SLATER M., USOH M., STEED A.: Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.* 3, 2 (Jan. 1994), 130–144. URL: <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>, doi:10.1162/pres.1994.3.2.130. 4
- [SW97] SLATER M., WILBUR S.: A framework for immersive virtual environments (five): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 6 (1997), 603–616. URL: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>, arXiv:<https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>, doi:10.1162/pres.1997.6.6.603. 1, 2
- [VRBM*16] VASCONCELOS-RAPOSO J., BESSA M., MELO M., BARBOSA L., RODRIGUES R., TEIXEIRA C. M., CABRAL L., SOUSA A. A.: Adaptation and validation of the igroup presence questionnaire (ipq) in a portuguese sample. *Presence* 25, 3 (Dec 2016), 191–203. doi:10.1162/PRES_a_00261. 4
- [WS98] WITMER B. G., SINGER M. J.: Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence* 7, 3 (June 1998), 225–240. doi:10.1162/105474698565686. 4
- [ZHF*16] ZIELASKO D., HORN S., FREITAG S., WEYERS B., KUHLEN T. W.: Evaluation of hands-free hmd-based navigation techniques for immersive data analysis. In *2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)* (March 2016), pp. 113–119. doi:10.1109/3DUI.2016.7460040. 2, 8