

The background of the entire page is a dark, high-angle aerial photograph of a city at night. The city lights are blurred into long, flowing trails of white, yellow, and red, suggesting movement and energy. Overlaid on this are a complex network of thin, white and red lines that resemble fiber optic cables or data connections, crisscrossing the cityscape and extending towards the edges of the frame. The overall effect is one of a highly interconnected, dynamic urban environment.

La inmersión continua

ALEJANDRO CASALES NAVARRETE

POSGRADO EN CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO,
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
alejandrocasalessnavarrete@gmail.com

Estudió la Licenciatura en Artes Plásticas con especialidad en Multimedia. Tiene una especialidad en Política y Gestión Cultural, posgrado en Planeación y Desarrollo de la Educación; actualmente es doctorante en Ciencias y Artes para el Diseño.

Activo promotor de la cultura contemporánea, con más de 80 obras plásticas, visuales y sonoras expuestas en México e internacionalmente. Productor en la iniciativa privada y áreas culturales de gobiernos locales y federales, promoviendo la gestión de actividades artísticas innovadoras. Monitor académico en educación a distancia, planeador de diseños curriculares para educación artística. Ha contado con apoyos derivados del diseño de aplicaciones digitales para bibliotecas de la Ciudad de México, intervenciones artísticas para reconstruir ciudadanía en centros de readaptación social y para la alfabetización digital asistida con tecnología inmersiva en estados de la república mexicana.



El presente ensayo muestra una aproximación conceptual al entendimiento del fenómeno inmersivo. Su objetivo es coadyuvar al estudio de las tecnologías inmersivas mediante una sistematización que permita identificar su relación con otros procesos. Se expone una observación rigurosa de sus principios y se muestran sus interacciones con base en investigaciones existentes. Concluye con una reflexión crítica a partir de resultados específicos y una propuesta que intenta acrecentar el campo del diseño. **Palabras clave:** tecnología, inmersividad, percepción, artefacto, teoría, metodología.

This essay shows a conceptual approach to understanding the immersive phenomenon. The objective is to contribute to the study of immersive technologies through a systematization that can identify the relationship of these technologies with other processes. A rigorous observation of the principles and interactions of the immersive phenomenon based on existing research is presented. The essay concludes with a critical reflection with specific results and a proposal with the aimed at expanding the field of design.
Keywords: technology, immersive, perception, device, theory, methodology.

INTRODUCCIÓN

La inmersividad comprendida como un fenómeno que atañe a los sentidos puede ubicarse en distintos campos del conocimiento, entre los que se encuentran las ciencias de la salud en sus disciplinas: neurociencia, audiolología, oftalmología, otorrinolaringología y psicología; en las ciencias sociales se encuentra en la comunicación, la antropología, la economía y la pedagogía; en las ciencias naturales en la astronomía y la física; en las ciencias de la computación en la gráfica, la programación y la inteligencia artificial; entre las artes se ubica en la arquitectura, el cine, la danza, la literatura, la pintura, la música y el teatro.

No obstante, existe un número reducido de investigaciones académicas en México. Asimismo, faltan estudios especializados en el campo del diseño, lo que ha dado lugar a definiciones imprecisas que problematizan su conceptualización y enfoque.¹

Actualmente, se pueden encontrar explicaciones que se divulgan en los medios de comunicación para promover espectáculos musicales con proyecciones de video en 360°. ² Asimismo, hay manifestaciones museísticas que difunden experiencias inmersivas con pinturas de caballete de épocas pasadas mediante proyecciones a gran escala, ofreciendo una perspectiva imprecisa a los espectadores, por ejemplo: *Frida, la experiencia inmersiva*,³ *Dalí Cibernètic*,⁴ *Paul Klee painting music*⁵ y *Van Gogh Alive*.⁶ El conjunto de

expresiones muestra un dédalo que dificulta la correcta orientación sobre la inmersión y los sentidos que se involucran. Por lo tanto, en esta introducción se intentará clarificar el término tecnologías inmersivas para su posterior análisis y reflexión.

Para empezar, la metodología que se implementó en este ensayo consistió en la combinación de fuentes teóricas de la computación, diseño, filosofía y psicología, en conjunto de sus referentes empíricos y fuentes documentales; su finalidad es mostrar una perspectiva interdisciplinaria que busca enriquecer la comprensión del fenómeno inmersivo y sus tecnologías.

Conforme a lo escrito, la tecnología tiene su origen etimológico en el griego: *techné*, que es la suma de técnicas, artes y destrezas con sus métodos de estudio.⁷ El concepto se puede ubicar en la retórica de Platón, quien la asoció con la especialización de todo tipo de prácticas y sus procedimientos que tienen como principio la racionalidad, ya que pueden explicarse en términos y causas.⁸ La *techné* fue descrita por Lewis Mumford⁹ como una forma de organización social que no se reduce a sus instrumentos, sino que puede crear ecosistemas que dan sentido a su propia producción. Asimismo, conforma el complejo tecnológico con todo tipo de máquinas, instrumentos y herramientas que son parte de la vida diaria de los seres humanos.

La inmersión, por su parte, deviene del latín *immersio*, es la acción de introducirse plenamente en un ámbito real o imaginario.¹⁰ Para comprenderla profundamente se puede analizar como un fenómeno de la percepción humana que se encuentra más allá de lo cuantificable.

Desde una perspectiva psicológica, la inmersión se percibe siempre y cuando existan suficientes datos sensibles que permitan activar los sistemas sensoriales y sus procesos complejos en el cerebro. Según Espigares,¹¹ la

1. M. Álvarez, *El arte inmersivo como nuevo primitivismo. Desde fuera*, 2010, en https://sxpweb.files.wordpress.com/2011/11/14-publicacion_sxp2011-el_arte_inmersivo_como_nuevo_primitivismo1-desde_fuera_miguel_alvarez_fernandez.pdf; BidiUAM, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, en <https://bidi.uam.mx>, 2023; Biblioteca Academia de San Carlos, 2023, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, en <https://psg-fad.bibliotecas.unam.mx/index.php>; Centro de Documentación J. Natividad Correa, 2023, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, en <https://fad.bibliotecas.unam.mx/>; Biblioteca Digital UNAM, 2023, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, en <https://bidi.unam.mx/>.

2. Cable News Network, *12 experiencias inmersivas en todo el mundo que necesitas visitar*, 2022, en <https://cnnespanol.cnn.com/cnne-underscored/2022/02/03/viajes-experiencias-inmersivas-mundo-cnne-underscored/>.

3. Rivera-Kahlo, F. *Frida, la experiencia inmersiva* (Exposición), Ciudad de México, Foro Polanco, 2021.

4. Ideal Centre D'Arts Digitals, *Dalí Cibernètic*, 2023, en <https://idealbarcelona.com/agenda/dali-cibernetica/>.

5. Atelier des Lumières, *Paul Klee painting music*, 2023, en www.atelierlumières.com/en/paul-blee.

6. Círculo de Bellas Artes, *Van Gogh Alive*, 2020, en www.circulobellasartes.com/exposiciones/van-gogh-alive-the-experience/.

7. Liddell & Scott, *τέχνη*, Oxford, Clarendon Press, 1940.

8. E. Hulme, "The Good-Directedness of Τέχνη and the Status of Rhetoric in the Platonic Dialogues", en *Apeiron*, vol. 52, núm. 3, 2019, 223-244, en <https://doi.org/10.1515/apeiron-2017-0072>

9. L. Mumford, *Técnica y civilización*, España, Editorial Alianza, 1982.

10. Real Academia Española, RAE, "Inmersión" en *Diccionario de la Lengua Española*, 2022, 23ª ed., en <https://dle.rae.es/inmersi%C3%B3n>.

11. J. Espigares, "La actividad perceptiva del ser humano", en *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, núm. 4, 2009, p. 1-7, en www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5247.pdf

sola actividad cognoscitiva que permite detectar una inmersión se compone por dos niveles, el plano perceptivo y el representativo. El primero sucede cuando se facultan la sensación, la atención y la percepción mediante los datos que se reciben, en el segundo se activa la imaginación, memoria y pensamientos para vivenciar sensaciones previas o complementar la información.

Posteriormente, los sentidos detectan, efectúan la transducción, transmiten y procesan los datos sensibles. El conjunto de sentidos que perciben una inmersión se agrupa de forma general en cenestésicos y cinestésicos. Los cenestésicos se conforman de la vista, gusto, tacto, oído y olfato. Los cinestésicos son órganos que se estimulan por agentes internos al cuerpo como los sentidos de la orientación, espacialidad y del estado general del organismo. Estos indican fatiga, sed, exaltación, etcétera.¹²

En suma, el término tecnologías inmersivas se refiere a un complejo tecnológico que permite introducir a las personas en ambientes determinados, al mismo tiempo, designa una multitud de prácticas en diferentes campos disciplinarios. Desde un enfoque ontológico, los especialistas proponen que el efecto inmersivo se puede ubicar como la integración sensorial de un sujeto que, al estar expuesto a su entorno, se transforma en inmersor. Esto sucede mediante una simulación o una representación generada por una técnica inmersiva, después, se encuentra su integración dramática, es decir, se manifiestan sus sentidos y, finalmente, se logra el efecto de indeterminación espacio-temporal.¹³ Dicho de otra manera, la inmersión sucede en un intervalo que separa al asombro de la orientación. Ahora bien, las tecnologías que hacen posible percibir una inmersión difieren en su capacidad de interacción con uno o más sentidos, así como en escala, aforo, maniobrabilidad, portabilidad, entre otras cosas.

De forma coloquial se puede ubicar a los planetarios, las instalaciones museísticas, gafas de realidad virtual y aplicaciones de realidad aumentada, sin embargo, la varie-

12. *Ibid.*

13. C. Bouko, "Dramaturgy and the immersive theatre experience", en Magda Romanska (Coord.), *The Routledge Companion to Dramaturgy*, EEUU, Routledge, 2014; White, G., "On Immersive Theatre", en *Theatre Research International*, vol. 37, núm. 3, 2012.

dad de artefactos es más amplia y para los fines de este ensayo se acotarán a sólo un conjunto de tecnologías que interactúan con distintas formas de percepción. Cabe recalcar que las tecnologías inmersivas no están atadas a su materialidad, ni están sujetas a un procedimiento de ejecución. Al contrario, toda tecnología es significativa en una determinada sociedad debido a que cambian la forma en la que se interactúa con el mundo, logrando influenciar a la sociedad hasta transformar la cultura.¹⁴ En este sentido y de acuerdo con Ernest Mandel,¹⁵ toda tecnología define un territorio específico por sus maquinarias y su forma particular de organización. Incluso, cada tecnología comprende un tiempo para su desarrollo, instauración e influencia, lo que provoca cambios en las comunidades de personas que conservan la memoria de sus acontecimientos.¹⁶

Por otra parte, la variabilidad de artefactos que permiten percibir una inmersión están relacionados con las distintas representaciones mentales, desde una perspectiva psicológica se trata de la activación del plano perceptivo y el representativo distribuidos en los sentidos, en otros términos los sentidos median su actividad por los artefactos que pueden ofrecer cambios en la imagen, escala, color, sonido, composición, volumen, superficie, movimiento y maniobrabilidad.

De acuerdo con Carrizo,¹⁷ en el campo de los medios digitales que se limitan a los artefactos que tienen una pantalla como medio principal de interacción, la inmersión es el resultado de la representación visual, aunque su efecto puede variar en intensidad por las capacidades tecnológicas que se utilicen. Incluso, los artefactos que pretenden crear una sensación de inmersión deben ser capaces de crear ambientes que estimulen las cualidades fisiológicas en los usuarios *per se*. Partiendo de este punto una

14. P. Alsina, "Breve genealogía de las prácticas artísticas vinculadas a la ciencia y la tecnología", en San Cornelio, G. (Ed.), *Exploraciones Creativas: prácticas artísticas y culturales de los nuevos medios*, España, EDIUOC, 2010.

15. E. Mandel, *Las ondas largas del desarrollo capitalista. La interpretación marxista*, México, Siglo XXI, 1986.

16. E. Norbert, *Sobre el tiempo*, México, Fondo de Cultura Económica, 2010.

17. N. Carrizo, "¿Cómo pueden aportar las tecnologías inmersivas a la educación ambiental?", en Luis Ricardo Sandoval (Coord.), *Pantallas usos y representaciones en comunicación digital*, Argentina, Gato Gris, 2021.

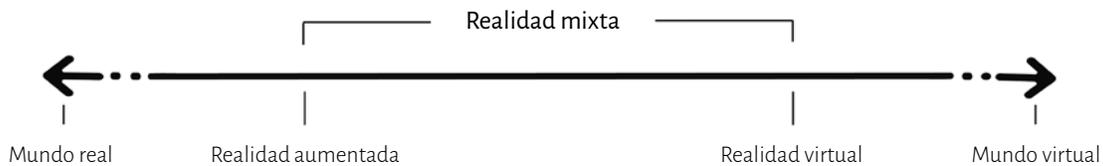


Figura 1. Continuo Realidad-Virtualidad. Fuente: Milgram, P. y Kishino, F., "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays", en *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D (12), 1994.

inmersión está condicionada por la eficacia de sus artefactos, técnica o desarrollo. Esto quiere decir que los sentidos se confrontan al efecto inmersivo, a su vez, designan una multitud de prácticas en diferentes campos disciplinarios de las ciencias y artes.

La variabilidad de artefactos en la actualidad se compone por pantallas de video basadas en monitores, tabletas o teléfonos inteligentes, sistemas estereoscópicos, audio cuadrifónico y multicanal, pantallas de video montadas en la cabeza mediante gafas, pantallas con escala reducida con capacidad transparente, controladores externos de tacto y movimiento, auriculares para sonidos ambisónicos, proyección de entornos de visualización en 360° completamente gráficos, imágenes y videos hemisféricos, entornos generados por computadora sobre objetos reales y entornos generados por computadora manipulables mediante interfaces y sensores.

Adicionalmente, la calidad inmersiva de cada artefacto es distinta. De modo que una organización que permita identificar la relación de proporción entre las dimensiones inmersivas de cada uno podría ofrecer un continuo de calidades y capacidades, distinguiendo sus escalas, maniobrabilidad, interacción con los sentidos, entre otras propiedades.

En el campo de la ingeniería se encuentran las ideas que devienen de los estudios sobre realidad aumentada de Paul Milgram y Fumio Kishino, su propuesta se basa en una escala de procesos virtuales que se acuñan en el término *Continuo Realidad-Virtualidad*.¹⁸ Dicho antecedente permite la revisión ordenada de las tecnologías inmersivas en su relación con los sentidos de percepción, así como

la adhesión de nuevos conocimientos que se extienden al campo del diseño. Así pues, la propuesta de Milgram y Kishino, en conjunto con otras posturas, se mostrarán en los siguientes apartados.

INMERSIÓN CONTINUA

El propósito de este segmento es ubicar la mayoría de los artefactos que producen una inmersión mediante una sistematización conceptual que tiene por nombre *inmersión continua*. Se exponen distintos enfoques de la inmersión con una misma línea de trabajo: las tecnologías inmersivas. Cabe señalar que la *inmersión continua* es una aportación al campo del diseño, ya que busca articular saberes y maneras de comprender la inmersión.

El concepto deviene de la categorización ordenada de valores dentro de una métrica específica. Su conjunto se integra de artefactos con distintas calidades y capacidades inmersivas que parten de las ideas de los ingenieros Paul Milgram y Fumio Kishino. Éstos utilizaron sus experiencias en entornos de realidad aumentada y al encontrar problemas en la terminología de la literatura académica, desarrollaron una propia.¹⁹ Como definición operativa, tomaron los términos académicos que refieren a distintas pantallas y los relacionaron para comprender el espacio virtual, donde un entorno mixto difiere entre el mundo real y el virtual. Posteriormente, realizaron investigaciones para ampliar el concepto en un contexto de continuidad, lo que abarcaba un espectro con cuatro entornos: mundo real, realidad aumentada, realidad mixta, realidad virtual y mundo virtual (Figura 1).

18. P. Milgram y F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays", en *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D (12), 1994.

19. D. Ruiz, "Realidad aumentada, educación y museos", en *Revista ICONO 14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, vol. 9, núm. 2, 2011.



Figura 2. Imágenes del proceso experimental de ARGOS. Fuente: Drascic, D., et al., "Argos: A Display System for Augmenting Reality"..., *op. cit.*

Continuo Realidad-Virtualidad

Milgram y Kishino definen el *Continuo Realidad-Virtualidad* como una taxonomía de pantallas con escenas completamente reales que de alguna manera cambian por medio de gráficos de computadora. Su indagación se basó en la manipulación de brazos robotizados asistidos de una guía visual con monitores de video estéreo, este sistema fue nombrado ARGOS por su definición original en inglés: *Augmented Reality through Graphic Overlays on Stereovideo*. El sistema combinaba las capacidades humanas de percepción, comprensión y manipulación mediante cálculo informático.²⁰ Respecto al uso del video estéreo, tuvo su origen en pruebas con pantallas ordinarias, las cuales no funcionaban correctamente, por lo que cambiaron al estereoscópico,²¹ debido a su capacidad de mostrar coordenadas tridimensionales donde los puntos de un objeto se pueden determinar a partir de la ubicación conocida para cada ojo²² (Figura 2).

20. D. Drascic y P. Milgram, "Positioning Accuracy of a Virtual Stereographic Pointer in a Real Stereoscopic Video World", en *SPIE 1457, Stereoscopic Displays and Applications II*, 1 agosto, 1991, USA, Spie; Drascic, D. et al., "Argos: A Display System for Augmenting Reality", en *Interchi 93-Conference on Human Factors in Computing Systems*, núm. 24-29, abril 1993, Netherlands, ACM Press.

21. El científico inglés Sir Charles Wheatstone, inventa en 1840 el estereoscopio, un aparato para poder ver imágenes tridimensionales (D. Drascic et al., "Argos: A Display System for Augmenting Reality"..., *op. cit.*).

22. F. Castro, *Estereoscopia*, 2023, en <https://proyectoidis.org/estereoscopia/>.

La aportación de Paul Milgram y Fumio Kishino, no sólo coadyuvó al desarrollo teórico de la realidad aumentada, mixta y virtual. Su objetivo era mejorar la manipulación de brazos robotizados en distintos soportes, lo que desencadenó con el tiempo su automatización.

Computación espacial

Otros investigadores en el campo del diseño computacional definieron un término distinto al de Milgram y Kishino. Para Clay Bavor, vicepresidente de realidad virtual de Google y los ingenieros en *software* Erin Pangilinan, Steve Lucas y Vasanth Mohan, el continuo entre realidades virtuales se concibió como *computación espacial*.²³ Estos investigadores basaron sus ideas con indagaciones en sistemas operativos IBM PC y macOS, a través de contenidos para gafas de realidad aumentada con desarrollos de Microsoft HoloLens, Magic Leap, Google Glass, Atheer AR Glasses, Osterhout Design Group, Mobile ARSore-Google y ARKit Apple Developer. Para la realidad virtual consideraron gafas con desarrollos nativos en C#, Unity, Unreal Engine y C++/Blueprints para Oculus Rift, Facebook Oculus, Samsung Gear VR, Google Cardboard, HTC Vive, Sony PSVR, Vuzix iWear y VR Union Claire.²⁴

Asimismo, mediante entrevistas, observaciones de campo y revisiones de evidencias desarrollaron su concepto, una de las particularidades fue la revisión documental de la *Espada de Damocles*, sistema de Ivan Sutherland para visualización y seguimiento de realidad virtual montado en la cabeza.²⁵ Sobre todo, la *Espada de Damocles* mostraba una ilusión de imágenes tridimensionales fijas, las cuales podían observarse desde cualquier perspectiva. Sutherland consideró los estudios psicológicos de la percepción en movimiento, donde las imágenes cambian de lo bidimensional a lo tridimensional por un efecto de profundidad cinética. Dos años antes, Sutherland y su equipo del Laboratorio Lincoln del Instituto de Tecnología de

23. Steve Lucas Pangilinan y Vasanth Mohan, *Creando realidades aumentadas y virtuales. Teoría y práctica para la próxima generación de computación espacial*, Estados Unidos, O'Reilly Media, 2019.

24. *Ibid.*

25. E. Sutherland, "A head-mounted three-dimensional display", en *Proceedings of AFIPS 68*, núm. 9-11, EEUU, diciembre de 1968.

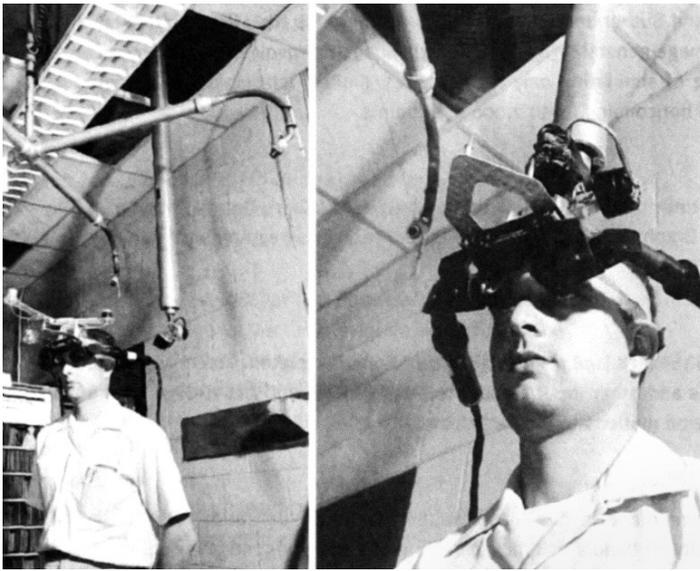


Figura 3. *Espada de Damocles*, a la izquierda el sensor mecánico, a la derecha el sensor ultrasónico. Fuente: E. Sutherland, "A head-mounted three-dimensional display"... *op. cit.*

Massachusetts, realizaron los primeros experimentos con pantallas montadas en la cabeza con dos tipos de sensores: uno mecánico y otro ultrasónico, éstos diferían en la manera de medir la posición de la cabeza del usuario y la percepción de los objetos tridimensionales. El mecánico involucraba brazos con sensores de longitud de onda que colgaban del techo para medir la posición de la cabeza. Por otra parte, el ultrasónico dependía de cuatro receptores conectados a una computadora y realizaba el seguimiento en longitud de onda, captando cambios de la cabeza mediante la transmisión de datos ultrasónicos en secuencias de cinco bits.²⁶

Los experimentos de Sutherland ofrecerían una línea de investigación que relacionaba al humano con la máquina, conceptualizando el espacio virtual. Su premisa se fundamentó en la capacidad cognitiva del ser humano y las cualidades interpretativas de los sentidos para comprender las interacciones con el mundo real²⁷ (Figura 3).

Retomando la *computación espacial* de Pangilinan *et al.*, se adicionaría el concepto de Sutherland para comprender el espacio 3D que, difiere de otros procesos por el cuidado de la optimización y la consideración de la experiencia del usuario. Pangilinan *et al.*, tuvieron como referentes a Timoni West, directora de investigación de Unity XR y Silka Miesnieks, jefa de diseño emergente en Adobe,

quienes ofrecieron mediante entrevistas sus puntos de vista sobre las interacciones centradas en el ser humano y el diseño sensorial de algunos desarrollos.²⁸ Es preciso señalar que West y Miesnieks ofrecieron una descripción general de las herramientas para la creación de contenidos 3D y su optimización en distintas plataformas almacenadas en redes de computadoras. Asimismo, presentaron los principios fundamentales del trabajo almacenado en nubes, lugar de intercambio de datos de usuarios que interactúan con aplicaciones de realidad aumentada conectada a la internet.

Pangilinan *et al.* describen los desarrollos en nubes como lugares abiertos para trabajar en colaboración, mediante la codificación abierta en distintas plataformas, lo que permite intercambiar bibliotecas y *software*.²⁹ A diferencia de Milgram y Kishino, esta apertura del código en la *computación espacial* permite su desarrollo de forma constante. Sin embargo, Pangilinan *et al.* se encontraron con la falta de estándares ya que la evolución constante en la codificación daba origen a nuevas terminologías y conjuntos de paradigmas tecnológicos, lo que requiere de capacitación especializada para comprender cada transformación.³⁰

En otra serie de entrevistas, Pangilinan *et al.* exponen los puntos de vista del director de investigación de Inteligencia Artificial de Unity, Nicolas Meuleau y el ingeniero de *software* Arthur Juliani, los entrevistados manifestaron que el avance de la realidad virtual y aumentada han evolucionado con la integración de la inteligencia artificial, aprendizaje automático y visión por computadora desde varios métodos, lo que ha desarrollado mejores prácticas para incorporar técnicas basadas en datos 2D *versus* 3D, lo que permite una comprensión más sólida sobre cómo visualizar los datos para ofrecer una experiencia mejorada al usuario y dar forma al concepto de *computación espacial*.

No menos importantes resultan los puntos de vista que Pangilinan *et al.* obtuvieron de Dilan Shah, fundador de YUR Inc.; Rosstin Murphy, ingeniero de *software* en la

26. *Ibid.*

27. Juana, Ivan Sutherland, 2023, en <https://proyectoidis.org/ivan-sutherland/>

28. Steve Lucas Pangilinan y Vasanth Mohan, *Creando realidades aumentadas y virtuales...*, *op. cit.*

29. *Ibid.*

30. *Ibid.*

empresa STRIVR y Marc Rowley, líder en tecnología deportiva. El conjunto de entrevistados mostró algunas aplicaciones que involucran la física del cuerpo, abarcando una temática muy amplia como la tecnología de la salud, entrenamiento en video, tecnología militar, deportiva, automotriz, difusión de eventos en vivo, entretenimiento y comercio digital.

En oposición, la amplitud del concepto *computación espacial* es notoria en cuanto a las formas de concebir el espacio 3D, pero limitada por cuestiones técnicas y documentales. Al respecto, Pangilinan *et al.* se enfocaron en la producción de espacio 3D para realidad aumentada, realidad virtual y la experiencia del usuario, dejando fuera de su espectro a las tecnologías para la producción de video en 360°, museos virtuales, desarrollos para educación y tecnologías de señal sonora. En consecuencia, un esquema de su trabajo tendría en su espectro tres entornos: realidad aumentada, experiencia del usuario y realidad virtual (Figura 4).



Figura 4. Esquema de la computación espacial derivado del Continuo Realidad-Virtualidad de P. Milgram y F. Kishino.

Combinación de dimensiones

Desde otra perspectiva, los investigadores en ciencias de la computación Richard Skarbez, Missie Smith y Mary Whitton,³¹ propusieron una revisión al trabajo de Milgram y Kishino, 25 años después de su creación. No tomaron en cuenta el trabajo de Pangilinan *et al.*, pero definieron una propuesta que incluye la realidad, la virtualidad, las experiencias de usuario, la percepción y su combinación en tres

dimensiones: fidelidad de reproducción, extensión de la presencia y la dimensión inmersiva. Los investigadores adoptaron la *combinación de dimensiones* después de realizar una revisión académica sobre la inmersión y su relación con las acciones válidas que son soportadas dentro de un solo sistema.

Asimismo, fundamentaron su definición en el trabajo de Mel Slater que aborda el análisis entre distintos aspectos de la experiencia en términos de inmersión, presencia, implicación, respuesta emocional y grado de interés. Slater (2004) se apoyó en las teorías clásicas de la percepción visual de iluminancia y luminancia,³² específicamente en la diferencia entre la longitud de onda y la percepción del color, donde la inmersión es análoga a la distribución de longitudes de onda en la descripción del color, y la presencia es análoga a la percepción del color. Además, se valió de la dimensión emocional de la experiencia engendrada por los colores y sus respuestas en una realidad virtual.

En síntesis, la inmersión desde la perspectiva de Slater comprende dos tipos de acciones válidas: las sensomotoras y las efectivas. Estas acciones promueven cambios en la percepción del entorno por parte del usuario y cambios en el entorno mismo, respectivamente. Dicha situación no se había articulado en las ideas de Milgram y Kishino, al no dar cuenta de la posibilidad de que un sistema fuera interactivo, más allá del punto de vista del usuario contra la pantalla. Esta limitación fue abordada por Skarbez *et al.*,³³ mediante la inclusión de acciones válidas en su dimensión inmersiva.

Así, la *combinación de dimensiones* de Skarbez *et al.*, es una propuesta añadida a la taxonomía de Milgram y Kishino, también un estudio comparativo y exhaustivo de otras aportaciones. Según Skarbez *et al.*, la necesidad de Milgram y Kishino era optimizar el *hardware* de pantalla visual para realidad mixta, sin preocuparse por la experiencia del usuario dentro de un entorno inmersivo.³⁴ Empero,

32. La intensidad física de energía de luz sobre una superficie se denomina iluminancia y la intensidad de la luz que perciben los ojos por el efecto de iluminancia, se denomina luminancia (H. Schiffman, *La percepción sensorial*, México, Limusa Wiley, 2009).

33. R. Skarbez, M. Smith y M. Whitton, "Revisiting milgram...", *op. cit.*

34. *Ibid.*

31. R. Skarbez, M. Smith y M. Whitton, "Revisiting milgram and kishino's reality-virtuality continuum", en *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 2, núm. 647997, 2021. En <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>.

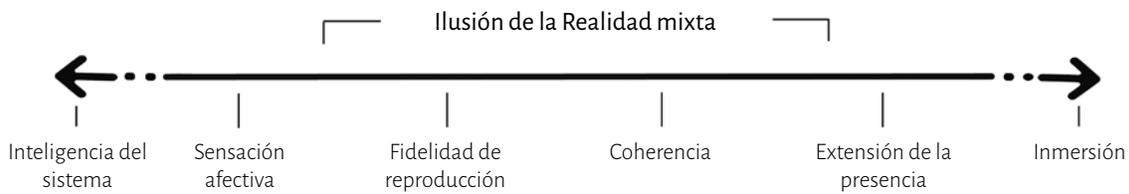


Figura 5. Esquema de la combinación de dimensiones, derivado del Continuo Realidad-Virtualidad de P. Milgram y F. Kishino.

la transformación tecnológica se desarrolló en cada dispositivo logrando la disrupción con pantallas de sensibilidad háptica, integración de procesadores para imagen y señal de audio, integración de sensores para interfaces olfativas, táctiles, imagen, sonido, temperatura, gusto, entre otras.

Skarbez *et al.* demostraron en su estudio comparativo la existencia de tres dimensiones: fidelidad de reproducción, extensión de la presencia y la dimensión inmersiva. Todas se deben a “los estímulos generados por computadora para los cinco sentidos exteroceptivos, es decir, los sentidos que responden a estímulos que provienen del exterior del cuerpo: la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto”.³⁵ Asimismo, la evolución de los estímulos computarizados permite la graduación de sus efectos en el ámbito de una realidad mixta, mientras que los sentidos interoceptivos permanecen inalterados. Dicha situación supone la ampliación del espectro sensible de la realidad mixta, enfrentando limitantes para construir experiencias coherentes que definan la presencia espacial y el lugar de la ilusión de inteligencia del sistema. Esto se debe a la subjetividad y grado de conocimiento del mundo de las personas, dicho de otra manera son las sensaciones de conciencia de los usuarios en el mundo físico que les rodea. Sobre la ilusión, se refieren a la sensación del usuario sobre el sistema que lo estimula y utiliza su información de forma inteligente. Se agregarían las dificultades que Skarbez *et al.* encontraron para medir coherentemente las graduaciones de la inmersividad, debido a las pocas evidencias en investigaciones que sólo ofrecían características de los sistemas, mas no del usuario del sistema.

Ejemplo, según Skarbez *et al.*, las definiciones sobre realidad mixta desarrollan su marco conceptual describiendo características que incluyeron: número de entornos, usuarios, nivel de inmersión, nivel de virtualidad, grado

de interacción y entrada/salida.³⁶ Dicho marco conceptual permite la descripción de algún sistema de realidad mixta, sin lograr la generalización de la experiencia. Ante tal complejidad, son necesarias evaluaciones de experiencias más amplias y profundas. Esto requiere de evaluar la calidad inmersiva, junto con la cantidad de estrés que se produce al intentar controlar la ubicación en algún tipo de entorno. Tal y como Slater³⁷ comprendió las acciones efectivas para validar las capacidades sensomotoras en un espacio inmersivo.

En consecuencia y debido a la falta de datos fisiológicos en los usuarios, la *combinación de dimensiones* de Skarbez *et al.* agrega sus variables a la taxonomía de Milgram y Kishino desde la perspectiva de una ilusión de la realidad mixta y un espectro que abarca seis dimensiones: inteligencia del sistema, sensación afectiva, fidelidad de la reproducción, coherencia, extensión de la presencia e inmersión (Figura 5).

A manera de resolución, los conceptos de Milgram y Kishino, Skarbez *et al.*, y Pangilinan *et al.*, muestran distintas perspectivas sobre la inmersión que permiten la integración de otras realidades. Cada una enriquece la percepción de su disrupción y permite indagar en los vacíos que son propios en la disciplina computacional. Por tanto, la reflexión de cada concepto permite orientar la idea de una *inmersión continua*.

CONCLUSIÓN

La tecnología inmersiva es el resultado de constantes búsquedas por la emulación de entornos artificiales que han sido aprovechados para manipular los sentidos y sus efec-

36. M. Speicher, B. D. Hall y M. Nebeling, “What is mixed reality?”, en *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'19*, Nueva York, 2019, Association for Computing Machinery, pp. 1-15. DOI: 10.1145/3290605.3300767

37. M. Slater, “A note on presence terminology”, en *Presence Connect*, vol. 3, núm. 3, 2004, pp. 1-5.

35. *Ibid.*

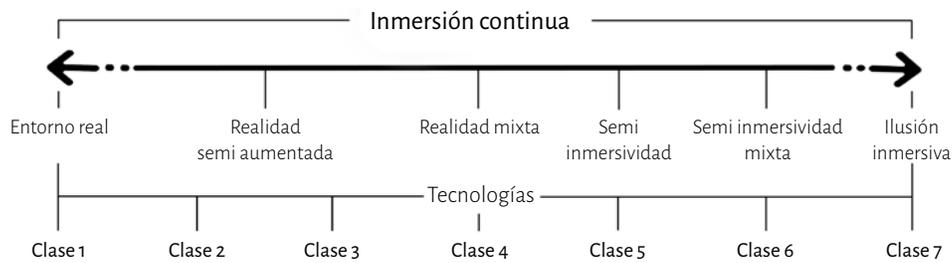


Figura 6. Esquema de la inmersión continua y sus tecnologías, derivado del Continuo Realidad-Virtualidad de P. Milgram y F. Kishino.

tos pueden desencadenar distintas acciones que pueden ser dirigidas a determinados objetivos. Estudiar sus beneficios permite identificar el espacio expandido y el pensamiento epistémico, lo que puede motivar la concentración de los sentidos en un campo de sentido ampliado.

Dicho campo se revisó en este ensayo desde la perspectiva de tres grupos de especialistas: Milgram y Kishino, Pangilinan *et al.*, y Skarbez *et al.*, lo que permitió delinear el enfoque de la *inmersión continua* para comprender el fenómeno inmersivo, buscando superar el concepto del usuario de la praxeología del diseño, esto es, superar el análisis del comportamiento del usuario/consumidor.³⁸ Por ejemplo, los beneficios que se podrían obtener desde el análisis de la experiencia de un inmersor se extienden a la reflexión propia del diseño, en la que prevalece una obediencia al artefacto sin concebir las capacidades para deliberar nuestras elecciones. De acuerdo con el teórico del diseño Stephen Beckett,³⁹ el diseño implica todos los procesos mercantilistas donde los usuarios/consumidores confían en las reglas, normas y convenciones que guían sus acciones para su consumo. Aunque el usuario se crea un sujeto racional, una parte determinante de su subjetividad pertenece al sistema social en el que se ubica.⁴⁰

Por consiguiente, la *inmersión continua* procura ofrecer un acercamiento al estudio fenomenológico de la experiencia inmersiva y las tecnologías que la producen. En su análisis se ubicaron sus espectros con entornos dados en

sus investigaciones. Con todo esto, es posible sumar la perspectiva del diseño con la configuración de las tecnologías y la síntesis de sus inmersiones.⁴¹ De este modo, el esquema de la *inmersión continua* se conformaría de un espectro con seis entornos de percepción y siete clases de tecnologías inmersivas (Figura 6).

El esquema se limita a la comprensión de algunas tecnologías desde su configuración y capacidad de creación de experiencias inmersivas, que no fueron consideradas por Milgram y Kishino, Pangilinan *et al.*, y Skarbez *et al.* En la Tabla 1 se muestra el esquema desagregado, a través de su clasificación, relación con los sentidos de interacción cognitiva y ubicación de sus entornos.

El esquema de la *inmersión continua* agrupa las capacidades sensibles humanas que permiten apreciar, analizar y comprender los matices de un entorno. Cabe señalar que la computadora con sus lenguajes de programación, plataformas, controladores y sensores sustentan las formas de interacción entre el humano y el mundo; los sentidos que median su relación son la vista, la audición, la manipulación háptica y la cinestesia en el espacio. La variedad de artefactos para interactuar es muy amplia, aunque en la *inmersión continua* sólo consideró los controladores mediante sensores que funcionan con diversos sistemas para transducir señales que abarcan el espectro electromagnético, fenómenos ondulatorios del sonido, fenómenos ópticos y física de los volúmenes, pues todos resultan de utilidad para el análisis de la inmersión.⁴²

38. L. Rodríguez, "Investigación y teoría en diseño. Un posible enfoque ante el cambio paradigmático", en *Revista Actio A1. Journal of Technology*, 2017, pp. 35-45.

39. S. Beckett, "Knowledge Conditioned by the Void: On Complexity and the Design Problem", en *Design Issues*, vol. 36, núm. 2, 2020, pp. 6-17.

40. F. Hayek, *Law, Legislation and Liberty. A new statement of the liberal principles of justice and political economy*, EEUU, Routledge & Kegan Paul Ltd, 1982; L. Althusser *et al.*, *Reading Capital. The complete edition*, France, Institut Français & Verso, 1965.

41. L. Rodríguez, "Investigación y teoría en diseño...", *op. cit.*

42. D. Ruiz, "Realidad aumentada, educación y museos"..., *op. cit.*; P. Milgram y F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual"..., *op. cit.*; A. Casales, "La inmersión y su eventos multisensoriales", en *Dramaturgias Revista do Laboratório de Dramaturgia da Universidade de Brasília*, vol. 20, núm. 7, 2022; R. R. Skarbez, M. Smith y M. Whitton, "Revisiting milgram...", *op. cit.*; S. L. Pangilinan y V. Mohan, *Creando realidades aumentadas y virtuales...*, *op. cit.*

Clase	Tecnologías	Sentidos de la interacción cognitiva	Entorno
1	Pantallas de video basadas en monitores, tabletas o teléfonos inteligentes sobre las cuales las imágenes generadas por computadora se reproducen electrónica o digitalmente (no inmersivas). Las consideraciones se extienden a los sistemas estereoscópicos, artefactos con escala de pantalla reducida.	Auditivo	Entorno real
		Visual	
2	Pantallas de video montadas en la cabeza, mediante gafas sin equipo de audio ni adecuaciones para interactuar en el entorno. Así como el audio estereofónico independiente.	Visual	Realidad semi-aumentada
3	Gafas o pantallas con escala reducida como tabletas o teléfonos inteligentes con capacidad transparente que mezclan imagen o video sin interacción.	Visual	
4	Gafas o pantallas con escala reducida con la capacidad de combinar el entorno real con imagen digital, mediante transparencias, con la cual los gráficos generados por computadora pueden superponerse ópticamente. Además, corresponden ortoscópicamente con el entorno exterior inmediato donde es posible interactuar mediante una pantalla táctil o controladores externos de tacto y movimiento. Cuentan con audio estéreo o auriculares ambisónicos 3D.	Auditivo	Realidad mixta
		Visual	
		Háptico	
5	Entornos de visualización completamente gráficos, ya sea completamente inmersivos, parcialmente inmersivos o de otro tipo, a los que se agrega la "realidad" del video. Además, cuentan con sistemas de audio multicanal inmersivo. Corresponden con las imágenes hemisféricas de los teatros inmersivos que tienen una escala amplia en 360°.	Auditivo	Semi-inmersividad
		Visual	
6	Entornos completamente gráficos, pero parcialmente inmersivos en los que los objetos físicos reales en el entorno del usuario desempeñan un papel o interfieren en la escena generada por computadora, como el mapeo sobre objetos reales del entorno y su manipulación mediante sensores.	Auditivo	Semi-inmersividad mixta
		Visual	
		Háptico	
7	Gafas o instalaciones con ambientes completamente inmersivos y sensibles donde es posible interactuar con los objetos generados por computadora (por ejemplo, manipular modelos mediante controladores de tacto y movimiento para caminar, correr, saltar en el entorno o manipular la totalidad de una interface), además de contar con sistemas de audio inmersivo.	Auditivo	Ilusión inmersiva
		Visual	
		Háptico	
		Cinestésico	

Tabla 1. Clasificación de tecnologías inmersivas del esquema de la inmersión continua y sus tecnologías, derivado del Continuo Realidad-Virtualidad de P. Milgram y F. Kishino.

Asimismo, es necesario sumar otras formas posibles de emisión inmersiva y su percepción, para estudiarlas, describirlas e interpretarlas; de ser posible, proseguir en una fase extendida hasta considerar la complejidad social, además de las experiencias de los inmersores, pues toda experiencia humana depende de las creencias implícitas que promueven las acciones de los sujetos.

Lo anterior quiere decir que el sistema social no es simplemente el telón de fondo donde se escenifica un problema para desarrollar un espacio inmersivo, es la esen-

cia de la complejidad de un problema para el diseño de experiencias perdurables.⁴³ Es superar la manipulación mecánica de objetos tridimensionales que implican el interés perceptual y el desarrollo de las emociones en el inmersor. Aquí se encuentra una de las funciones de las tecnologías inmersivas: mediar las emociones para comprender la fenomenología del diseño. Es decir, las tecnolo-

43. S. Beckett, "Knowledge Conditioned by the Void...", *op. cit.*

gías inmersivas permiten ubicar el impacto de la inmersión en la conciencia, son el medio de aproximación al inmersor consciente de su experiencia contra la ilusión inmersiva. Asimismo, el inmersor desde su complejidad subjetiva dispone de su estado mental y corporal cuando se relaciona con las tecnologías inmersivas.

Desde la perspectiva de los estudios cognitivos, el estado mental cambia con las representaciones mentales que emergen de las experiencias inmersivas, éstas transmiten información simbolizada en acontecimientos. Su contenido ofrece material perceptivo y sensible para la cognición, lo que produce interpretaciones complejas de los estímulos aferentes.⁴⁴ En dicho momento interpretativo, hay un intervalo que separa al asombro de la orientación, justamente, es el momento de la revelación y del paso a la fantasía.

Acordes con el experto en neuropsicología David Bohm, el plano profundo de una interpretación interactúa con la revelación y la fantasía en un movimiento mental único e indivisible identificado como un pensamiento constructivo. Para alcanzar su comprensión son necesarios los procesos complejos del cerebro que permiten la transducción de imágenes, sonidos y movimientos que identifican un ambiente que corresponde a las inferencias de lo percibido. Aquí, la capacidad en el discernimiento es una de las cualidades que requieren de pasos creativos, en lugar de seguir el desarrollo de una idea preconcebida.⁴⁵ En una reducción fenomenológica, es la revelación de las imágenes, sonidos y sensaciones que no se vinculan con precisión en el contexto ordinario del mundo. Por lo tanto, se presenta un marco donde suceden múltiples interpretaciones e interacciones, Merleau Ponty lo expone como el principio de estar en el mundo cuando el mundo está con nosotros.⁴⁶

44. E. Smith y S. Kosslyn, *Procesos cognitivos. Modelos y bases neuronales*, EEUU, Pearson, Prentice Hall, 2008.

45. D. Bohm, *Sobre la creatividad*, España, Kairós, 2001.

46. N. Bolton, "Piaget y la experiencia prerreflexiva", en C. Bernard y M. Wolfe (Eds.), *Fenomenología y educación*, México, Fondo de Cultura Económica, 1984.

FUENTES CONSULTADAS

- ALSINA, P., "Breve genealogía de las prácticas artísticas vinculadas a la ciencia y la tecnología", en San Cornelio, G. (Ed.), *Exploraciones Creativas: prácticas artísticas y culturales de los nuevos medios*, España, EDIUOC, 2010.
- ALTHUSSER, L. *et al.*, *Reading Capital. The complete edition*. Francia: Institut Français & Verso, 1965.
- BECKETT, S., "Knowledge Conditioned by the Void: On Complexity and the Design Problem", en *Design Issues*, vol. 36, núm. 2, 2020.
- BOLTON, N., "Piaget y la experiencia prerreflexiva", en C. Bernard y M. Wolfe (Eds.), *Fenomenología y educación*, México, Fondo de Cultura Económica, 1984.
- BOHM, D., *Sobre la creatividad*, España, Kairós, 2001.
- BOUKO, C., "Dramaturgy and the immersive theatre experience", en Magda Romanska (Coord.), *The Routledge Companion to Dramaturgy*, EEUU, Routledge, 2014.
- CARRIZO, N., "¿Cómo pueden aportar las tecnologías inmersivas a la educación ambiental?", en Luis Ricardo Sandoval (Coord.), *Pantallas usos y representaciones en comunicación digital*, Argentina, Gato Gris, 2021.
- CASALES, A., "La inmersión y su eventos multisensoriales", en *Dramaturgias Revista do Laboratório de Dramaturgia da Universidade de Brasilia*, vol. 20, núm. 7, 2022.
- DRASCIC, D. y Milgram, P., "Positioning Accuracy of a Virtual Stereographic Pointer in a Real Stereoscopic Video World", en *SPIE 1457, Stereoscopic Displays and Applications II*, 1 agosto, 1991, EEUU, Spie.
- DRASCIC, D., *et al.*, "Argos: A Display System for Augmenting Reality", en *INTERCHI 93-Conference on Human Factors in Computing Systems*, núm. 24-29 abril, 1993, Netherlands, ACM Press.
- ESPIGARES, J. "La actividad perceptiva del ser humano", en *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, núm. 4, 2009. En www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5247.pdf.
- HAYEK, F., *Law, Legislation and Liberty. A new statement of the liberal principles of justice and political economy*, EEUU, Routledge & Kegan Paul Ltd, 1982.
- LIDDELL & SCOTT, *τέχνη*, Oxford, Clarendon Press, 1940.
- MANDEL, E., *Las ondas largas del desarrollo capitalista. La interpretación marxista*, México, Siglo XXI, 1986.

MILGRAM, P. y Kishino, F., "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays", en *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D (12), 1994.

MUMFORD, L., *Técnica y civilización*, España, Editorial Alianza, 1982.

NORBERT, E., *Sobre el tiempo*, México, Fondo de Cultura Económica, 2010.

PANGILINAN, Steve Lucas y Vasanth Mohan, *Creando realidades aumentadas y virtuales. Teoría y práctica para la próxima generación de computación espacial*, EEUU, O'Reilly Media, 2019.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, RAE, "Inmersión", en *Diccionario de la Lengua Española*, 2022, 23ª ed. En <https://dle.rae.es/inmersi%C3%B3n> (Consultado el 14/09/2022).

RIVERA-KAHLO, F., *Frida, la experiencia inmersiva* (Exposición), Ciudad de México, Foro Polanco, 2021.

RODRÍGUEZ, L., "Investigación y teoría en diseño. Un posible enfoque ante el cambio paradigmático", en *Revista Actio A1. Journal of Technology*, 2017.

RUIZ, D., "Realidad aumentada, educación y museos", en *Revista ICONO 14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, vol. 9, núm. 2, 2011.

SCHIFFMAN, H., *La percepción sensorial*, México, Limusa Wiley, 2009.

SMITH, E., y Kosslyn, S., *Procesos cognitivos. Modelos y bases neuronales*, EEUU, Pearson, Prentice Hall, 2008.

SKARBEZ, R., M. Smith y M. Whitton, "Revisiting milgram and kishino's reality-virtuality continuum", en *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 2, núm. 647997, 2021. En <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>.

SLATER, M., "A note on presence terminology", en *Presence Connect*, vol. 3, núm. 3, 2004.

SPEICHER, M., Hall, B. D., and Nebeling, M., "What is mixed reality?", en *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '19*, 2019, Nueva York, Association for Computing Machinery, 1-15. DOI: 10.1145/3290605.3300767.

SUTHERLAND, E., "A head-mounted three dimensional display", en *Proceedings of AFIPS 68*, 9-11, December 1968, EEUU.

WHITE, G., "On Immersive Theatre", en *Theatre Research International*, vol. 37, núm. 3, 2012.

Referencias electrónicas

ÁLVAREZ, M., *El arte inmersivo como nuevo primitivismo. Desde fuera*, 2010. En https://sxpweb.files.wordpress.com/2011/11/14-publicacion_sxp2011-el_arte_inmersivo_como_nuevo_primitivismo1-desde_fuera_miguel_alvarez_fernandez.pdf (Consultado el 19/03/2023).

ATELIER DES LUMIÈRES, *Paul Klee painting music*, 2023. En www.atelier-lumieres.com/en/paul-klee (Consultado el 19/03/2023).

BIBLIOTECA ACADEMIA DE SAN CARLOS, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, 2023. En <https://psg-fad.bibliotecas.unam.mx/index.php>.

BIDIUAM, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, 2023. En <https://bidi.uam.mx>.

BIBLIOTECA DIGITAL UNAM, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, 2023. En <https://bidi.unam.mx/>.

CABLE NEWS NETWORK, 12 experiencias inmersivas en todo el mundo que necesitas visitar, 2022. En <https://cnnespanol.cnn.com/cnne-underscored/2022/02/03/viajes-experiencias-inmersivas-mundo-cnne-underscored/> (Consultado el 3/12/2021).

CASTRO, F., *Estereoscopia*, 2023. En <https://proyectoidis.org/estereoscopia/> (Consultado el 3/12/2021).

CENTRO DE DOCUMENTACIÓN J. NATIVIDAD CORREA, *Inmersividad, inmersión, inmersivo*, 2023. En <https://fad.bibliotecas.unam.mx/>.

CÍRCULO DE BELLAS ARTES, *Van Gogh Alive*, 2020. En www.circulobellasartes.com/exposiciones/van-gogh-alive-the-experience/ (Consultado el 19/03/2023).

HULME, E., "The Good-Directedness of Τέχνη Tand the Status of Rhetoric in the Platonic Dialogues", en *Apeiron*, vol. 52, núm. 3, 2019. DOI: 10.1515/apeiron-2017-0072.

IDEAL CENTRE D'ARTS DIGITALS, *Dalí Cibernetic*, 2023. En <https://idealbarcelona.com/agenda/dali-cibernetic/> (Consultado el 19/03/2023).

JUANA, *Ivan Sutherland*, 2023. En <https://proyectoidis.org/ivan-sutherland/> (Consultado el 21/03/2023).