



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

El metaverso tecnológico:

La relación realidad-virtualidad y
cibersespacio

Sergio Teodoro Vite

UNAM | Facultad de Ingeniería



Contenido temático

Introducción, 14
Realidad virtual, 16
Realidad aumentada, 17
Holografía, 17
Virtualidad aumentada, 18
Ciberspacio, 18
Interacción humano-computadora, 19
El potencial mediador del metaverso tecnológico, 20
Conclusión, 20
Referencias, 21



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

Introducción

La realidad y la virtualidad tienen variedad de nombres, así como de formas; dos conceptos, en esencia opuestos, a lo largo de nuestra historia contemporánea se han fusionado para dar cabida a un espacio artificial mediado por la tecnología y donde la noción de “existencia” tiene el potencial de retar al grado máximo a nuestro órgano rector: el cerebro humano. En 1992, Neal Stephenson en su novela de ficción *Snow Crash* aborda la relación realidad-virtualidad, “como un metaverso compartido, donde los humanos interactúan unos con otros mediante agentes de software, en un espacio tridimensional metafórico del mundo real” (Peddie, 2017). Milgram et al., (1995) establecen la relación realidad-virtualidad como un “continuo” que tiene, en sus extremos, a la simulación de lo que sucede en la realidad como un subconjunto de tecnologías cuya representación sucede en la realidad física y, en el otro, a la representación que sucede en un espacio alterno o virtual. De manera paralela, Mann (1994) aborda el concepto y lo redefine como un metaverso modificado, donde la realidad está mediada por componentes

tecnológicos que pueden complementarse para lograr simular escenarios convincentes y representativos de nuestro entorno. Hoy día, hablamos de un metaverso tecnológico, que toma como base el concepto de simulación como un objetivo en la generación de entornos artificiales.

La simulación es un concepto tanto tangible como abstracto, que ha permeado una amplia gama de aplicaciones de las ciencias básicas y las ciencias aplicadas, dando origen a tecnologías que permiten describir, bajo entornos y condiciones controladas, fenómenos físicos, propiedades intrínsecas y propiedades extrínsecas de los objetos que nos rodean, en una variedad de escalas posibles; de tal forma que, prácticamente, cualquier objeto de estudio puede ser representado mediante modelos que evolucionan en el tiempo presente, pasado o futuro. Desde este enfoque, podemos definir a la simulación como un conjunto de procesos que tienen por objetivo representar escenarios, variables o comportamientos posibles de un sistema a lo largo del tiempo. Cada elemento del mundo real es transportado, por

tanto, de un espacio físico a uno virtualizado, donde gobiernan leyes conocidas, datos provenientes de la experimentación empírica y extrapolaciones históricas. El modelo puede ser definido como una representación idealizada de alguna o algunas de las propiedades de una estructura, fenómeno o sistema, que emulan su forma, comportamiento y rasgos característicos, para establecer de manera física o simbólica al conjunto de entes que tienen las mismas o semejantes características. Así, como una cadena de eslabones, una simulación puede estar asociada con uno o más de los siguientes modelos: conceptual, matemático, numérico, computacional, biológico, estadístico o sus variantes.

acerca la simulación objetivo a una realidad casi exacta de lo que conocemos en nuestro espacio físico, o a una realidad virtual muy cercana a una experiencia vívida mediante componentes generados a nivel de software.

Así, por ejemplo, en la simulación de la realidad en nuestro espacio físico podemos ubicar a las tecnologías que combinan la robótica, la inteligencia artificial y la física de los materiales, para recrear elementos de nuestro universo conocido. Es el caso de Sophia (Riccio, 2021), una robot de tipo androide creada por la empresa Hanson Robotics, que busca simular de manera fidedigna la apariencia y el comportamiento social humano. O la gama

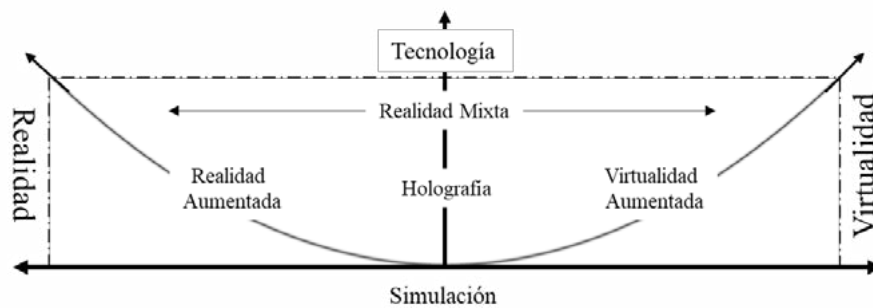


Figura 1.1 Descripción del metaverso tecnológico basado en la idea original de Milgram et al. (1995) y Mann (1994) que define un espacio dimensional simulado, donde la rela-

Los componentes tecnológicos del metaverso (Figura 1.1) coexisten en ese espacio continuo que mapea una sofisticación de los componentes (dispositivos a nivel de hardware o segmentos de código a nivel de software) donde, en un extremo, se encuentra la simulación de escenarios en un espacio físico (realidad) y, en el otro, los escenarios totalmente virtualizados (virtualidad). Las tecnologías intermedias (realidad aumentada, holografía, virtualidad aumentada) son englobadas en un término conocido como realidad mezclada o mixta. Conforme el desarrollo de nuevas técnicas, métodos y dispositivos mediadores se van incorporando al metaverso, se habla de un crecimiento tecnológico que a su vez

de tecnologías en desarrollo por la empresa Boston Dynamics, donde buscan simular movimientos autónomos de bípedos con el robot Atlas (Kuindersma et al., 2016) o cuadrúpedos con el robot BigDog (Raibert et al., 2008).

En contraposición, la simulación en un espacio virtual busca ser una herramienta para la representación, a través de segmentos de código, de fenómenos, comportamientos, formas, eventos o escenarios posibles, para tomar como referencia elementos conocidos de lo que percibimos como realidad corpórea, tales como las propiedades físicas (masa, volumen, temperatura, presión, densidad), formas geométricas, materiales y texturas, referencias espaciales, colores,



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

sensaciones táctiles, sonidos, olores, sabores, para describir un ciberespacio n-dimensional que buscará crear una realidad espejo, y donde una persona es capaz de

trasladarse o inclusive, someterse a las decisiones de un agente de inteligencia artificial. Esto es lo que conocemos como experiencia de una realidad virtual.

Realidad virtual

La realidad virtual, como parte de este metaverso, tiene por objetivo el proporcionar los elementos necesarios para estimular los sentidos del usuario. Sherman y Craig (2003) definen a la realidad virtual como “un medio compuesto de simulaciones por computadora interactivas que monitorean la actividad del participante (posición y acciones), proporcionándole retroalimentación sintética a uno o más sentidos, y dándole la sensación de estar inmerso o estar presente en la simulación”. Por tanto, la realidad virtual se desarrolla en un medio intangible pero que involucra elementos de nuestra realidad llevados a un conjunto de paquetes de información sensorial en n dimensiones espaciales y temporales. Así como el color y el sonido se generan en el cerebro humano, un ambiente virtual es una construcción que se desarrolla en el sujeto que la experimenta, aislándolo de su realidad física. Decimos entonces que la nueva realidad en el ciberespacio le provocará un efecto de inmersión cada vez más vívido y atrayente.

Las tecnologías involucradas en los procesos que requiere la realidad virtual se han enfocado históricamente en el despliegue gráfico mediante cascos estereoscópicos y dispositivos de audio, que estimulan el sistema de visión y aural del cuerpo humano, al generar imágenes que corresponden a cada ojo y que emulan la percepción de profundidad de un espacio tridimensional; lo mismo en el caso del audio binaural o espacial 3D. Sin embargo, no son las únicas tecnologías. Es posible estimular otros sentidos, como el tacto, el gusto o el olfato, mediante dispositi-

vos de despliegue que combinan vibraciones mecánicas o la generación de reacciones químicas que desprenden olores o sabores para estimular los sistemas nervioso y muscular del cuerpo humano. El objetivo final, es provocar en el usuario una experiencia “inmersiva” y convincente en el intercambio de información con el sistema artificial.

La realidad virtual, hoy día, es una tecnología en crecimiento en distintos campos del conocimiento. Así, por ejemplo, podemos encontrar aplicaciones en salud, donde es posible ubicar sistemas complejos que simulan el tejido humano, emulan su consistencia, su apariencia o inclusive, su funcionamiento a nivel macro y microscópico, para recrear escenarios convincentes para fines educativos, de diagnóstico o para la generación de nuevos tratamientos. En minería, se encuentran aplicaciones para entrenamiento en la exploración de recursos naturales del subsuelo, o para obtener mapas con exactitud milimétrica y determinar la viabilidad de un yacimiento mineral. Para la interacción social, la realidad virtual también ha encontrado oportunidades de conectar comunidades y la creación de grupos que comparten intereses comunes en realidades alternas a través de Internet, tales como AltSpace o VRChat. En la industria del entretenimiento, la forma de narrar historias en largometrajes está siendo cada vez más atrayente para n público especializado, la toma de decisiones en la narración de una historia, o la posibilidad de elegir el punto de vista desde el cual se observa una toma en 360 grados. La arquitectura, el diseño, la pu-



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

bilidad, la educación básica, la experimentación empírica, comienza a migrar sus formas

de interacción del conocimiento a través de este tipo de tecnologías.

Realidad aumentada

A diferencia de una experiencia de realidad virtual, la realidad aumentada buscará aprovechar los elementos presentes en la realidad física del usuario, para proporcionarle exclusivamente información “extra”, adicional o complementaria que le permita tomar decisiones e interactuar con ambos elementos reales y sintéticos a través de una “ventana a la realidad”. Los dos universos, el físico y el virtual, coexisten en un ciberespacio combinado, mediado por dos elementos tecnológicos principales: un sensor y un dispositivo de despliegue.

Podemos decir que la realidad aumentada es una tecnología híbrida, que define a dos actores principales, el dispositivo y el usuario. Cada actor crea una “percepción” de su realidad; la primera, generada por computadora y la segunda, generada por el cerebro humano. Al combinarse comienza a actuar un sistema retroalimentado, donde cada parte proveerá el uno al otro de información para realizar una acción. Hoy día, vemos aplicado este modo de funcionamiento mutuo en aplicaciones guiadas por GPS, filtros de aplicaciones sociales, sistemas de cirugía

guiados o inclusive en sistemas basados en audio como Alexa o Siri. Los paseos guiados por audio que se encuentran en museos también forman parte de la gama de aplicaciones de la realidad aumentada.

La gran ventaja que ofrece esta tecnología es que el medio puede estar al alcance de una gran cantidad de usuarios, al aprovechar la alta disponibilidad de dispositivos de visión, presentes en celulares o cualquier computadora con WebCam. Es por ello, que se ha creado una falsa competencia entre las tecnologías de realidad virtual vs. realidad aumentada, siendo que ambas parten del mismo universo tecnológico que da origen al metaverso. Como dato curioso, el primer “casco de realidad virtual” creado en los años 60 por Ivan Sutherland, en realidad, hoy podría clasificarse como un casco de realidad aumentada, dado que su principio de funcionamiento se basaba en la mezcla de elementos del espacio físico con puntos y líneas que representaban objetos geométricos flotantes. En sí, la gran barrera entre la realidad virtual y la realidad aumentada es la realidad misma.

Holografía

Una tecnología muy particular en el metaverso continuo se refiere a la combinación perfecta entre elementos de nuestro espacio físico con elementos virtuales, es decir, información artificial generada con elementos físicos y que se integran naturalmente con nuestro espacio n dimensional. Los entes artificiales comienzan a formar parte del entorno, definiendo su forma y volumen, no solo como despliegues gráficos o multisensoriales, sino como entes que cumplen un rol funcional y/o de sustitución espacial.

Una narración literaria muy interesante sobre la representación holográfica y este último elemento puede hallarse en el libro El Castillo de los Cárpatos de Julio Verne, donde el genio de la ciencia ficción, hace alusión inventiva a esta tecnología para la representación de una cantante fantasmagórica generada con un dispositivo descrito como: “... sobre una pequeña mesa cubierta con un mantel, se podía ver una caja rectangular. Esta tendría una longitud de 30 a 38 cm, por 8 o 10 cm de ancho. La tapa, cuajada



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

de piedras preciosas, estaba levantada, dentro de la caja había algo parecido a un cilindro metálico...", haciendo alusión a un dispositivo de proyección. Lo excepcional de aquella narrativa y el contexto de la holografía radica en la sensación de fusión de la información falsa que ocupa un lugar en el espacio físico para engañar a los actores principales, haciéndoles creer que una tercera persona recita una canción y de su sensación de presencia.

La tecnología holográfica representa un gran reto desde el punto de vista técnico, ya

que significa la construcción de dispositivos de despliegue tridimensional que se ubicarán en el espacio del usuario y que, además, le restringirán su movimiento al incorporarse como parte del espacio físico. Hoy día, podemos encontrar diferentes tipos de tecnologías holográficas en las que destacan las basadas en proyecciones, sistemas motorizados (similares a un ventilador), arreglos tridimensionales de materiales orgánicos traslúcidos y cajas ultrasónicas, que adicionalmente retroalimentan el sentido del tacto.

Virtualidad aumentada

Otro caso poco difundido, hoy día, es la tecnología de virtualidad aumentada, la cual, al contrario de la realidad aumentada, busca integrar elementos del espacio físico en un entorno generado totalmente por computadora. Ya sea por referencia o elemento activo en el entorno virtual, los elementos físicos como una pelota, una silla o las manos del usuario, se agregan al espacio de interacción para formar parte de la experiencia inmersiva. Este tipo de tecnología busca que el usuario tenga noción que se encuentra interactuando en un entorno gráfico artificial y a su vez con su entorno físico, con la característica que la mayor parte de la información que percibe corresponde con una realidad creada. La experiencia de personificación o embodied por su término en inglés, permite que la retroali-

mentación de información sea más fluida, sin embargo, requiere de una mayor integración de tecnologías embebidas.

En este tipo de sistemas es común ver el acoplamiento de sensores de visión RGB, infrarrojos o ultrasónicos, para dos propósitos principales: 1) monitorear los movimientos del usuario o de los objetos que se encuentran presentes en el espacio de interacción, llevando esos elementos de información al ambiente virtual, y 2) el mapear el entorno físico para acoplar el contenido sintético con el contenido segmentado del espacio real del usuario. En ocasiones el término también se le conoce como virtualidad extendida, refiriéndose a que el universo virtual se ve complementado con elementos del mundo real.

Ciberespacio

De acuerdo con José y Julio (2017), la noción de ciberespacio puede ser estudiado desde diferentes ámbitos, social, tecnológico, antropológico, psicológico, económico, y el concepto se refiere al "conjunto de posibles comunicaciones que se desarrollan en el ámbito digital, a través de los distintos dispositivos, canales y medios, y que permiten la

interactividad entre usuarios". El concepto se amplía al contexto del metaverso tecnológico como una fusión de los componentes de interacción física con los virtuales, con lo cual una persona experimenta en su cerebro bombardeos de información de ambos universos.

En el aspecto tecnológico, el ciberespacio



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

se refiere a un lugar físico y virtual, que sirve de medio al usuario para compilar contenidos que le satisfacen alguna necesidad concreta. Los puentes, portales o enlaces son elementos transportadores, que le permiten definir accesos a contenidos variados y mediados por las tecnologías del metaverso, esto es, con la combinación de realidad virtual, realidad aumentada, virtualidad aumentada, holografía y otra tecnología, el usuario puede acceder en esencial al mismo contenido sin importar el medio. Así, el ciberespacio se concentra en un cúmulo de información que le es de utilidad al usuario y al cual puede acceder por múltiples formas, creando una red multimodal y multisensorial.

Interacción humano-computadora

La relación que se ha creado entre el ser humano y las computadoras, ha dado lugar a una nueva forma de colaboración entre lo digital y las decisiones humanas. Entendiendo que el término computadoras no se refiere únicamente a un equipo de cómputo de escritorio, o una laptop, o un dispositivo móvil, sino a todo un conjunto de dispositivos que funcionan entre sí para recrear experiencias interactivas e inmersivas, también llamados sistemas embebidos, por su capacidad de concentrar tareas y componentes en un elemento integrador y encapsulador.

De acuerdo con el diccionario de la RAE, la interacción es una “acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, personas, agentes, fuerzas, funciones, etc.”. En la interacción humano-computadora actúan tres elementos principales: el ser humano, un sistema de cómputo y un proceso de interacción.

Desde el punto de vista tecnológico, el establecer esta interacción mediada ha supuesto retos importantes, pues se trata de recrear las acciones del ser humano y mapearlas en acciones de respuesta que provee la computadora.

Muchos son los propósitos del ciberespacio como una necesidad humana contemporánea, y gran parte de ellos convergen en una cuestión de generación de conectividad a distancia, que permita la generación de nuevo conocimiento colectivo, la conectividad del pensamiento y la evolución social en la era digital. La importancia del Internet y la Web, como elementos de transporte y proveedor de información, respectivamente, son fundamentales para describir un ciberespacio global, que crece a niveles descomunales y que en lo virtual es muy difícil de medir y dimensionar.

Esto significa en el requerimiento de un conocimiento profundo del comportamiento humano, el cómo interactúa con el ambiente y cómo se interrelaciona con sus semejantes, para tratar de emular los factores que propician la retroalimentación sistemática para lograr un objetivo, incluidos los obstáculos a los cuales se enfrenta y el aspecto cognitivo y psicomotriz que lo llevan a actuar bajo circunstancias diversas.

La ergonomía es un elemento fundamental en el diseño de sistemas que incorporan algún tipo de interacción humano-computadora, pues suponen la forma natural con la cual un usuario actuará directa o indirectamente con el agente virtual. Las cuestiones de percepción, cognición y toma de decisiones están ligadas a la confianza que el usuario depositará en los elementos virtuales y que deben asemejarse a la forma espontánea de acción humana, por lo que cada vez están más presentes los desarrollos tecnológicos que emulan las características del ser humano mediante simuladores de comportamiento o la piel humana, el mecanismo de transporte de una célula o la acción de un virus, inclusive.



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

En ocasiones, la función que cumple esta interacción artificial se liga con el aspecto sustituto de una función ya presente o cubierta de alguna forma, sin embargo, representa una ventaja en términos de percepción del usuario. Por ejemplo, la confianza que puede

llegar a lograr una persona con un chatbot o un dispositivo móvil para llevar el registro de sus actividades diarias. Las interfaces en estos casos juegan un papel importante para lograr una aceptación de la tecnología como mediadora de la comunicación humano-máquina.

El potencial mediador del metaverso tecnológico

Conforme a lo anterior, el avance tecnológico en sus variantes del metaverso es capaz de transformar lo que conocemos como una realidad corpórea para situarnos en una realidad alterna, que tiene temporalidad en el mismo instante, pero no necesariamente en el mismo espacio. En todo momento, la transferencia de información entre actores humano-máquina representa una vía para establecer una fusión, un entrelazado de mensajes encapsulados en segmentos de código que se interpretan en nuestro cerebro y que dan lugar a una realidad cognitiva. Es precisamente el ser humano, quien bajo sus capacidades biológicas, procesa la información de ambos espacios (el físico y el simulado) para establecer una lógica para controlar sus emociones y procesar las sensaciones que dan lugar a acciones con una

realidad proyectada. Esto es, la información recabada por nuestro cerebro, mediada por la tecnología, permite controlar el cuerpo humano y provocar acciones como caminar, retroceder o presionar un botón de manera instintiva, o reaccionar con felicidad, alegría, tristeza o furia. Desde este punto de vista, dos maquinarias tan sofisticadas, como el cuerpo humano y la tecnología, actúan en sinergia para acciones concretas que pueden ser facilitadoras de tareas complejas o acciones cuya ética es dudosa cuando se usan al servicio de intereses particulares. El metaverso visto como un conjunto de tecnologías mediadoras puede encontrar un potencial para redefinir la forma en que percibimos nuestro mundo, al redefinir mundos paralelos que coexisten, sustituyen y traslapan la concepción de nuestro entorno.

Conclusión

Las representaciones simuladas bajo el concepto de metaverso tecnológico continúan su avance, cada vez más acelerado, al grado que marcan una tendencia hacia un futuro cercano donde el ser humano fusionará su realidad con la tecnología, dando origen a un sincretismo creado y existente que le obligará a tomar decisiones en una realidad espejo. Como en todo aspecto económico, científico, político, social, ético, cultural, religioso, las tecnologías del metaverso están marcando una tendencia a una nueva realidad al alcance de un mayor número

de personas. La nueva forma de concebir el mundo requerirá de la inclusión de reglas de interacción, sobre todo cuando la virtualidad se sobreponga sobre la realidad física, y entonces convivamos con una nueva realidad mediada. Lo que en su momento significó el reto de la popularización de las computadoras de escritorio en los 90 y de los dispositivos móviles en los inicios del siglo XXI, mañana marcará una tendencia hacia las tecnologías del metaverso, que nos guiarán hacia una nueva era de lo alterno, lo artificial, lo vicario y lo trans digital mediado.



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico

Referencias

- José, A. G. A., y Julio, N. M. (2017). La Génesis de Ciberespacio, una visión desde las teorías de la comunicación. UNED. <https://books.google.com.mx/books?id=HXguD-gAAQBAJ>
- Kuindersma, S., Deits, R., Fallon, M., Valenzuela, A., Dai, H., Permenter, F., Koolen, T., Marion, P., & Tedrake, R. (2016). Optimization-based locomotion planning, estimation, and control design for the atlas humanoid robot. *Autonomous Robots*, 40(3), 429-455. <https://doi.org/10.1007/s10514-015-9479-3>
- Mann, S. (1994). Mediated reality (Technical Report 260). Technical Report Cambridge MA: MIT Media Lab, Perceptual Computing Group., 260. <https://vismod.media.mit.edu/pub/tech-reports/TR-397.pdf>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE*, 1, 282. Complementary Index.
- Peddie, J. (2017). *Augmented Reality: Where We Will All Live*. Springer International Publishing.
- Raibert, M., Blankespoor, K., Nelson, G., & Playter, R. (2008). BigDog, the Rough-Terrain Quadruped Robot. 17th IFAC World Congress, 41(2), 10822-10825. <https://doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.01833>
- Riccio, T. (2021). Sophia Robot: An Emergent Ethnography. *TDR: The Drama Review*, 65(3), 42-77. Cambridge Core. <https://doi.org/10.1017/S1054204321000319>
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. M. Kaufmann.



Proemio

Prefacio

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Índice
temático

Índice
onomástico