

# **El Metaverso en la educación**

**La escuela inmersiva**

**Antonio L. Flores Galea**



***Revista Digital de ACTA***

**2023**

**Publicación patrocinada por**



**ACTA representa en CEDRO los intereses de los autores científico-técnicos y académicos. Ser socio de ACTA es gratuito.**

**Solicite su adhesión en [acta@acta.es](mailto:acta@acta.es)**

## **El Metaverso en la educación. La escuela inmersiva**

**© 2023, Antonio L. Flores Galea**

© 2023,  ACTA

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Se autorizan los enlaces a este artículo.

*ACTA no se hace responsable de las opiniones personales reflejadas en este artículo.*

## INTRODUCCIÓN

Después de haber trabajado durante más de 20 años en campos altamente innovadores como la visión por ordenador, la inteligencia artificial, las telecomunicaciones de banda ancha, la robótica, los dispositivos móviles y algunos más, el Metaverso no es solo un concepto o una palabra de moda para mí, sino la próxima revolución que enfrentará la sociedad. Y será, desde mi punto de vista, la transformación más profunda de la humanidad, mucho más allá de la revolución industrial, la adopción masiva del automóvil, la electricidad o Internet. La razón tras esta afirmación es que, en el largo plazo, existe el riesgo de que los humanos no solo persigan la "artificialidad", como ha ocurrido desde hace milenios, construyendo ciudades en lugar de vivir en cavernas naturales, cuidando la salud y la dieta en lugar de morir a los 30 años, multiplicándose por miles de millones y aun ser capaz de construir una estructura social para mantener una convivencia sostenible, etc. Con la adopción futura generalizada del Metaverso, los humanos podrían separarse de la naturaleza para siempre, ya sea incorporando implantes artificiales en nuestro cuerpo o incluso reemplazando algunas partes para convertirnos en "cyborgs", o perdiendo el interés en el entorno real y pasar nuestras vidas inmersos en mundos virtuales que solo existen como bits dentro de mega-nodos computacionales.

Este artículo trata de describir el Metaverso desde una perspectiva no técnica, para que cualquiera pueda entender los conceptos y tecnologías en los que se apoyará y desarrollará. Aunque hay muchas noticias en la actualidad que hablan del Metaverso, creo que la información está dispersa y con frecuencia escondida detrás de mensajes de marketing, sobre todo porque muchas empresas están usando este atractivo concepto para hablar de casi cualquier cosa, incluso si no está relacionado con el Metaverso en absoluto.

Antes de comenzar, conviene explicar por qué se utiliza la palabra "Metaverso" escrita en mayúscula o no en diferentes partes del artículo, aunque erróneamente escrita muy frecuentemente en artículos periodísticos e incluso algunos artículos científicos: de la misma forma que nos referimos a Internet (con "I" mayúscula) como a la red global que conecta todos nuestros dispositivos digitales y a internet (con "i" minúscula) como a una de las redes que operan los mismos protocolos con un alcance limitado (por ejemplo, cuando nos referimos a "la internet china"), nos referimos al Metaverso (con "M" mayúscula) como la infraestructura inmersiva global y servicio proporcionado conjuntamente por todos los actores del ecosistema, mientras que hablamos de un metaverso (con "m" minúscula) cuando nos referimos a una solución local o limitada desarrollada por una empresa que no está necesariamente conectada con el resto (como, por ejemplo, cuando se dice "Meta está desarrollando su propio metaverso").

Dicho esto, cuando se habla del Metaverso, lo primero que hay que tener en cuenta es que sus tecnologías subyacentes no son nada nuevas. De hecho, existe una equivalencia casi total con lo que está ocurriendo un poco más anticipadamente con la inteligencia artificial. A finales de los 90, la inteligencia artificial se desarrolló principalmente a nivel teórico. Durante esos años estudié y di clases como profesor sobre las tecnologías que permiten la existencia de la inteligencia artificial (IA): redes neuronales, mapas de Kohonen, sistemas expertos, teoría del caos, algoritmos de visión por ordenador, etc. Todo lo que hace que la inteligencia artificial sea una realidad hoy estaba allí, en libros, hace tres décadas y, a veces, incluso antes. Hubo dos problemas que tardaron bastante en resolverse: primero, se necesitaba una enorme potencia computacional para que esos algoritmos fueran prácticos (nadie habría consentido que un GPS tardara dos horas en calcular una ruta teniendo en cuenta el tráfico, por ejemplo) y segundo, *digitalizar* el mundo. Este era un paso necesario: la IA necesita muchísimos datos digitales (o digitalizados) y dispositivos digitales para funcionar. Ahora tenemos muchos datos digitalizados y dispositivos digitales asequibles que son millones de veces más potentes que los de los 90.

El Metaverso seguirá el mismo ciclo de madurez: la teoría está ahí, incluso algunos dispositivos y aplicaciones experimentales, pero necesitamos mucha más potencia computacional, ancho de banda en las redes de telecomunicación y más digitalización. Sin embargo, todo avanza más rápido con el paso del tiempo y seguramente se necesitará mucho menos de tres décadas para ver el verdadero Metaverso en acción. Y debemos estar preparados para ese momento, porque el Metaverso transformará los negocios, las relaciones sociales, el ocio, los hogares, las oficinas, las calles y la ley. Un cambio tan profundo tardará algún tiempo en ocurrir en toda su escala, pero los primeros usuarios disfrutarán de ciertas ventajas y estarán mucho mejor preparados no solo para ganar más o conseguir un mejor trabajo, sino también para disfrutar de una mejor calidad de vida.

En este artículo nos centraremos en el campo de la educación, donde probablemente el Metaverso comenzará a formar a los primeros “**nativos virtuales**”.

## ¿QUÉ ES EL METAVERSO?

El Metaverso, como concepto, no es nuevo. Apareció por primera vez en la novela de ciencia ficción de Neal Stephenson “Snow Crash”, publicada en 1992, donde se representa como un universo paralelo de realidad virtual, creado a partir de gráficos por ordenador, al que los usuarios de todo el mundo podían acceder y conectarse a través de gafas y auriculares. El corazón de ese metaverso era un protocolo llamado “calle” (“street”, en inglés), que vinculaba diferentes vecindarios y ubicaciones virtuales. Los usuarios se *materializaban* en el Metaverso en cuerpos digitales configurables llamados “avatares”. Un dato relevante en la novela de Stevenson es que las experiencias digitales en el Metaverso podían tener un impacto real en los cuerpos de los usuarios físicos.

En el ámbito científico, la primera publicación sobre el Metaverso se publicó en “Web of Science” seis años después, en 1998. Sin embargo, el concepto de Metaverso, aunque existe desde hace bastante tiempo y ha sido ampliamente utilizado en los medios de comunicación en los últimos meses, todavía está en discusión, construcción y constante evolución. Esto se debe a que se basa en tecnologías en desarrollo, en una situación de evolución muy similar a lo que sucedió con el concepto de “Internet” hace dos décadas.

Explicado en lenguaje accesible para todos, el Metaverso se relaciona con el concepto de “hiper-espacio-temporalidad”, donde se construye un mundo virtual paralelo al mundo real. De esta manera, el Metaverso rompe los límites del tiempo y el espacio y ofrece a los usuarios una experiencia abierta, libre e inmersiva. Podemos imaginar el Metaverso como una web evolucionada (www) en 3D donde los usuarios navegan entre entornos y objetos artificiales y ven representaciones virtuales (fieles a la realidad o totalmente inventadas) de otros usuarios, llamados avatares. Sin embargo, el Metaverso no termina ahí. Para que se pueda denominar verdaderamente Metaverso, los espacios digitales 3D –denominados mundos virtuales– deben tener conexiones físicas con el mundo real (por ejemplo, simulando el clima en tiempo real, mostrando una sala de reuniones de una oficina con los asistentes físicos como una copia virtual en el mundo virtual, etc.).

Si queremos una definición formal para el Metaverso, la entrada de Stylianos Mystakidis en Encyclopedía lo describe como:

“El universo post-realidad, un entorno multiusuario perpetuo y persistente que fusiona la realidad física con la virtualidad digital. Se basa en la convergencia de tecnologías que permiten interacciones multisensoriales con entornos virtuales, objetos digitales y personas, como la realidad virtual (VR, por su nombre “virtual reality”, en inglés) y la realidad aumentada (AR, por su nombre “augmented reality”, en inglés). Por lo tanto, el Metaverso es una red interconectada de entornos inmersivos como redes sociales en plataformas multiusuarios persistentes. Permite una comunicación integrada del usuario en tiempo real e interacciones dinámicas con objetos digitales. Su

primera iteración fue una red de mundos virtuales donde los avatares podían teletransportarse entre ellos. La iteración actual del Metaverso presenta plataformas de VR sociales e inmersivas compatibles con videojuegos masivos online multijugador, mundos de juegos abiertos y espacios colaborativos de AR”.

De esta definición surgen algunos conceptos importantes, que serán analizados a lo largo de este artículo:

- **Interacción dinámica multiusuario, social y en tiempo real:** Analizaremos cómo la esencia del Metaverso es funcionar como la próxima generación de relaciones sociales a gran escala, las nuevas oportunidades que esto traerá, especialmente en el campo de la educación, y los riesgos.
- **Fusión entre la realidad física y la virtualidad digital, interacciones multisensoriales y entornos inmersivos:** Veremos cómo aún se necesitan más avances tecnológicos, nuevos dispositivos complejos, sensores y redes para producir un Metaverso práctico y democratizado.
- **Realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR):** Ambos conceptos están relacionados con entornos digitales que pueden ampliar, cambiar o incluso sustituir el aspecto de la realidad percibida por alguien. En este artículo, describiremos cómo se logra esto y qué otras tecnologías menos populares están relacionadas con este habilitador del Metaverso.
- **Avatares, teletransporte y videojuegos.:** Estos conceptos, entre otros, se dejan caer con frecuencia en muchos artículos relacionados con el Metaverso, por lo que también serán analizados y aclarados en este artículo.

## LA EVOLUCIÓN DE INTERNET

Algunos autores describen el Metaverso como un conjunto de mundos virtuales 3D conectados entre sí a través de Internet, o un nuevo tipo de aplicación de Internet y forma de interacción social que integra una amplia gama de nuevas tecnologías. Si bien esto podría considerarse correcto, esta es una definición incompleta porque Internet es la tecnología de base que permite desarrollar el Metaverso, es decir, el Metaverso nunca habría surgido sin Internet, pero Internet pronto se percibirá como una capa tecnológica básica y simple en la arquitectura completa del Metaverso. Ocurre algo muy similar al caso del motor de combustión y el automóvil: el coche nunca habría surgido sin un motor de combustión, pero hoy en día los coches eléctricos han convertido los motores de combustión en una tecnología obsoleta. De la misma manera, una vez que el Metaverso esté completamente implementado y maduro, es muy probable que desaparezcan los usos actuales de navegar por Internet o publicar en las redes sociales.

Esto se debe a que el Metaverso representa una mejora tan radical en el estado del arte de la comunicación social y el intercambio de información que las personas pasarán del “mundo 2D”, basado en “deslizar y hacer clic”, al “mundo 3D”, basado en la sensación y actuando como lo hacemos en nuestra vida real. Algo muy similar a lo que ocurrió durante la segunda década del siglo XXI, cuando se pasó de una mayoría de comunicaciones basadas en las llamadas telefónicas al dominio de la mensajería instantánea.

Como evolución natural de Internet, el Metaverso proporciona una experiencia inmersiva basada en la tecnología de realidad aumentada (AR), crea una imagen especular del mundo real basada en la tecnología de gemelos digitales (DT, por sus siglas en inglés, “digital twin”), construye un sistema económico basado en la tecnología *blockchain* (por ejemplo, mediante el uso de criptomonedas) e integra estrechamente el mundo virtual y el mundo real en el sistema económico, el

sistema social y el sistema de identidades, lo que permite a cada usuario producir contenido y “editar” el mundo. A diferencia del mundo real, donde cada uno de nosotros tiene limitaciones, el Metaverso, por su propia concepción, brinda mucha más libertad, flexibilidad y poder, al menos en teoría.

Sin embargo, como ya se mencionó, el Metaverso es un concepto que está en constante evolución, y diferentes actores del ecosistema están enriqueciendo su significado a su manera. Así, el modelo teórico y el resultado práctico pueden diferir, como sucedió con la “libertad de expresión” prometida por la arquitectura abierta de Internet y la censura discrecional practicada por varias plataformas sociales en la actualidad.

## LA PRIMERA ITERACIÓN DEL METAVERSO: LA WEB 3.0

Como el Metaverso está evolucionando muy rápidamente, la comunidad científica ha acordado hablar sobre diferentes *iteraciones* del Metaverso, refiriéndose a redefiniciones posteriores del concepto, agregando más funciones o adaptando la concepción anterior a la nueva realidad.

Cuando la tecnología de Realidad Virtual (VR) estaba ganando terreno, el Metaverso se consideraba el “Internet 3D”, también llamado Web 3.0 o “Web3”. Como se muestra en la Fig. 1, este nombre se dio como el tercer paso evolutivo de Internet, siendo la Web 1.0 la versión estática original de la WWW, y la Web 2.0, dominada principalmente por las redes sociales y el intercambio de contenido multimedia. La Web 3.0, aunque no coincide exactamente con el concepto de Metaverso, se considera el inicio de las tecnologías habilitadoras del Metaverso, como la VR, *Blockchain*, la inteligencia artificial y algunas más.

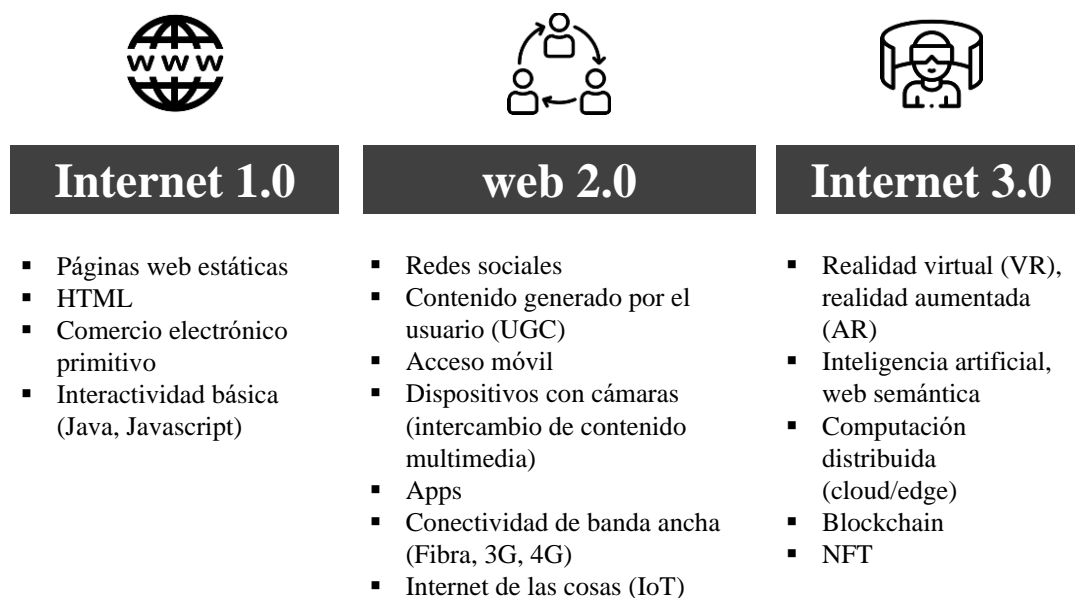


Figura 1. Las principales etapas de Internet y sus tecnologías base

Pero, incluso antes de que se generalizaran las tecnologías Web3, el Metaverso ya comenzó a utilizarlas en las primeras iniciativas, en su mayoría de manera experimental. Fue concebido como una red de “mundos virtuales” donde los “avatares” podrían trasladarse sin problemas entre ellos. Con esa definición, se puede considerar que el primer metaverso fue CitySpace, que solo estuvo activo de 1993 a 1996. Posteriormente, surgieron diferentes metaversos sociales e independientes (mundos virtuales) como Active Worlds y There ([www.there.com](http://www.there.com)). Se pusieron en marcha también algunas iniciativas más ambiciosas en cuanto a la consecución de espacios interconectados, como el software de código abierto “OpenSimulator”, que era –y sigue siendo– accesible a través de una

red creada en 2010, llamada Hypergrid. Esta red permite el movimiento de agentes digitales y su inventario a través de diferentes plataformas a través de hipervínculos. Sin embargo, con el objetivo de convertirse en un verdadero mundo abierto y virtual interconectado, Hypergrid siempre se mantuvo como un experimento y nunca llegó a ser compatible con mundos virtuales comerciales, como el popular juego "Second Life" ([www.secondlife.com](http://www.secondlife.com)), desarrollado por Linden Lab en 2003.

## **LA SEGUNDA ITERACIÓN: MULTIJUEGOS**

Actualmente estamos experimentando la construcción de la segunda iteración del Metaverso, donde las plataformas sociales de realidad virtual inmersiva serán compatibles con videojuegos online masivos multijugador, mundos virtuales de juegos en abierto y espacios colaborativos de realidad aumentada. De acuerdo con esta visión, los usuarios podrán reunirse, socializar e interactuar sin restricciones de forma encarnada, como hologramas 3D, o avatares en espacios físicos o virtuales.

En el Metaverso, un avatar es un "alter ego" utilizado como identidad virtual de un usuario en los diferentes mundos virtuales. Inicialmente, los avatares se usaban principalmente como una forma exagerada o un ego ideal en el mundo virtual en lugar de reflejar el aspecto real del usuario y se han estado utilizando principalmente en los juegos. Con el paso del tiempo, evolucionaron gradualmente hasta convertirse en una forma ideal que es capaz de proyectar la apariencia externa del usuario y reflejar su ego con una calidad casi realista, aunque esto no siempre es lo deseado por los usuarios y se prefieren avatares simbólicos o radicalmente distintos en cuanto al aspecto físico. Un avatar realiza un rol y una interacción sociales en el Metaverso. Se espera que los avatares sean altamente configurables, incluyendo no solo características físicas sino también disfraces y elementos, utilizados como medios para expresar mensajes con cierto contenido social por los usuarios. De hecho, varias compañías de ropa de lujo están prestando atención a la venta de artículos virtuales en el Metaverso para cumplir ese propósito. Es importante porque, en la actualidad, las generaciones más jóvenes consideran que lo que transmiten sus perfiles de las redes sociales es tan importante como su propia apariencia física, considerando que su identidad en los mundos virtuales y real son una sola.

En cuanto a la interacción social de los usuarios en la actualidad, es posible con varias limitaciones, principalmente porque todo debe hacerse dentro de la misma plataforma. Las reuniones e interacciones multiplataforma y multi-tecnología, donde algunos usuarios están en VR y otros en entornos AR, es el próximo hito a alcanzar. Los principios comunes del Metaverso incluyen la interconexión de software y la "teletransportación" de usuarios entre mundos. Esto requiere la interoperabilidad de la personalización de avatares y la portabilidad de accesorios, propiedades e inventario, siguiendo estándares comunes que aún están por definir.

Si nos vamos a aplicaciones comerciales tangibles, dos juegos son considerados como los primeros metaversos prácticos: Roblox, lanzado en 2006, y Minecraft, de la compañía sueca Mojan Studios, de 2009. Sin embargo, no fue hasta marzo de 2021 cuando Roblox incluyó el concepto de "metaverso" en sus anuncios por primera vez, probablemente para conseguir una mejor acogida en la Bolsa de Nueva York. El valor de mercado de la empresa superó los 40.000 millones de dólares en su primer día de cotización y el concepto "Metaverso" comenzó a convertirse en una palabra famosa. Así, 2021 puede ser considerado como el primer año de existencia del Metaverso práctico, aunque hay que ser consciente de que se trata solo una versión muy limitada de lo que está por venir.

De hecho, aún estamos lejos de tener un verdadero Metaverso. En la fase de desarrollo actual, el Metaverso ha integrado las tecnologías 5G, computación en la nube, visión por ordenador, blockchain, inteligencia artificial y otras de última generación. Sin embargo, como veremos a

continuación, aún se necesita más evolución para que el Metaverso resulte útil y atractivo para las actividades diarias y los servicios digitales comerciales.

## LA SIGUIENTE ITERACIÓN: EL VERDADERO METAVERSO

Una vez que las tecnologías que sustentan el Metaverso (inteligencia artificial, tecnologías interactivas, computación en la nube y "edge computing") estén lo suficientemente desarrolladas, el verdadero potencial del Metaverso irá llegando a nuestras vidas progresivamente, con mucha mayor precisión en la visión por ordenador, un mejorado reconocimiento del lenguaje y el desarrollo de modelos generativos que permiten entornos más inmersivos y movimientos naturales. El acceso al verdadero Metaverso no se basará en ordenadores ni siquiera en teléfonos inteligentes o tablets. Aprovechará el gran ancho de banda proporcionado por las redes móviles 5G y 6G y la proliferación de servicios en las ciudades inteligentes ("smart cities"), sensores y dispositivos portátiles para expandir nuestra interacción de una manera sin precedentes. El Metaverso "invadirá" todos los ámbitos sociales, como la moda, los eventos, los juegos, la educación y el trabajo, conforme se vaya desarrollando la interacción inmersiva y nuevos servicios diseñados de forma nativa en el Metaverso.

Esto se alcanzará progresivamente a lo largo del tiempo. No se prevé que el verdadero Metaverso llegue en el corto plazo. Internet necesitó algunas décadas para madurar y se espera que ocurra algo similar con el Metaverso. Algunos pilares para predecir el futuro del Metaverso se encuentran en este artículo, pero hay que digerir los conceptos de manera realista y darse cuenta de que las innovaciones y la disrupción vendrán en diferentes etapas.

Siguiendo estas premisas, y esperando iniciativas dispersas y aisladas durante esta primera etapa del Metaverso *práctico*, el autor Tony Parisi ha postulado las **siete reglas del Metaverso** como un manifiesto de alto nivel, una propuesta de desarrollo futuro basada en la experiencia acumulada previamente con el desarrollo de Internet y la World-Wide Web (Tabla 1).

#1	Solo hay un Metaverso
#2	El Metaverso es para todos
#3	Nadie controla el Metaverso
#4	El Metaverso está abierto
#5	El Metaverso es independiente del hardware
#6	El metaverso es una red
#7	El Metaverso es Internet

Tabla 1. Las siete reglas del Metaverso (Tony Parisi)

De acuerdo con su propuesta, debería haber un solo Metaverso (regla N.º 1), debería ser para todos (N.º 2), abierto (N.º 4), independiente del hardware (N.º 5), conectado en red (N.º 6) y controlado colectivamente (N.º 3). En una de mis conversaciones con Parisi, él no ve las siete reglas como instrucciones que deban ser implementadas, sino como un conjunto de características



que el Metaverso debe tener para lograr escalar y ser lo suficientemente resistente para sobrevivir a largo plazo. Según él, el Metaverso debe estar “interconectado, sirviendo a un amplio conjunto de casos de uso, controlado por una sola entidad, basado en estándares abiertos, ejecutándose en la más amplia gama de dispositivos de hardware, alimentado por una red heterogénea de ordenadores que se comunican entre sí y formando el tejido de la Internet del futuro”. Estoy de acuerdo con él en que es inevitable que el Metaverso se convertirá en algo generalizado por los avances y las propias fuerzas socioeconómicas que se moverán para conseguir este fin.

Sin embargo, aunque esta es la visión última de un Metaverso maduro, se esperan algunas iniciativas más o menos aisladas primero y una búsqueda de estandarización y convergencia a medida que el Metaverso crece en usuarios y aplicaciones, muy parecido a lo que sucedió con otras revoluciones tecnológicas en el pasado. Según Parisi, hay tecnologías de base que aún deben desarrollarse, hay que definir estándares, casos de uso y patrones de uso que establecerán las primeras generaciones de creadores de contenido del Metaverso. Una cuestión interesante sobre el gobierno del Metaverso está relacionada con si habrá nuevas organizaciones de estándares e incluso nuevas autoridades por encima de los esquemas geográficos actuales (países), que actualmente luchan por regular fenómenos globales como las criptomonedas, las redes sociales y la propia Internet, o el ecosistema continuará siendo parecido al actual, con un gobierno centralizado o descentralizado para los distintos espacios virtuales del Metaverso y sin autoridades o estándares globales.

## **POR QUÉ EL METAVERSO PUEDE CAMBIAR LA SOCIEDAD PARA SIEMPRE**

El Metaverso es espaciotemporal. Esto significa que se puede describir como un espacio tridimensional – un espacio virtual – que evoluciona en el tiempo. La gran diferencia con simples espacios virtuales como los que vemos frecuentemente en la actualidad, sobre todo en video juegos, es que el Metaverso evoluciona en paralelo con el mundo real y está conectado con él. Sensores, máquinas y personas serán los protagonistas de un flujo continuo de datos entre la realidad física y la digital. Abre un nuevo hábitat para la humanidad y brindará una experiencia diferente a los usuarios. En la actualidad, el Metaverso se encuentra en una etapa temprana de su desarrollo, con Internet, el 5G, la realidad virtual (VR) y otras tecnologías como habilitadoras. El Metaverso va a permitir a la humanidad crear un mundo digital holográfico paralelo al tradicional y esto nunca antes lo hemos experimentado.

El Metaverso no solo cambiará la forma en que hacemos las cosas, sino también el mundo tal como lo conocemos. Otras revoluciones pasadas como la máquina de vapor, la electricidad, el automóvil e Internet cambiaron la forma en que las personas organizaban sus vidas e interactuaban entre sí y el Metaverso será la próxima revolución. Con la implementación de mundos virtuales en 3D y los servicios dentro y en torno a ellos, tendremos infinitas posibilidades de trabajo, viajes, entretenimiento, investigación y más. La figura 2 muestra los sectores donde se espera un mayor impacto transformador.

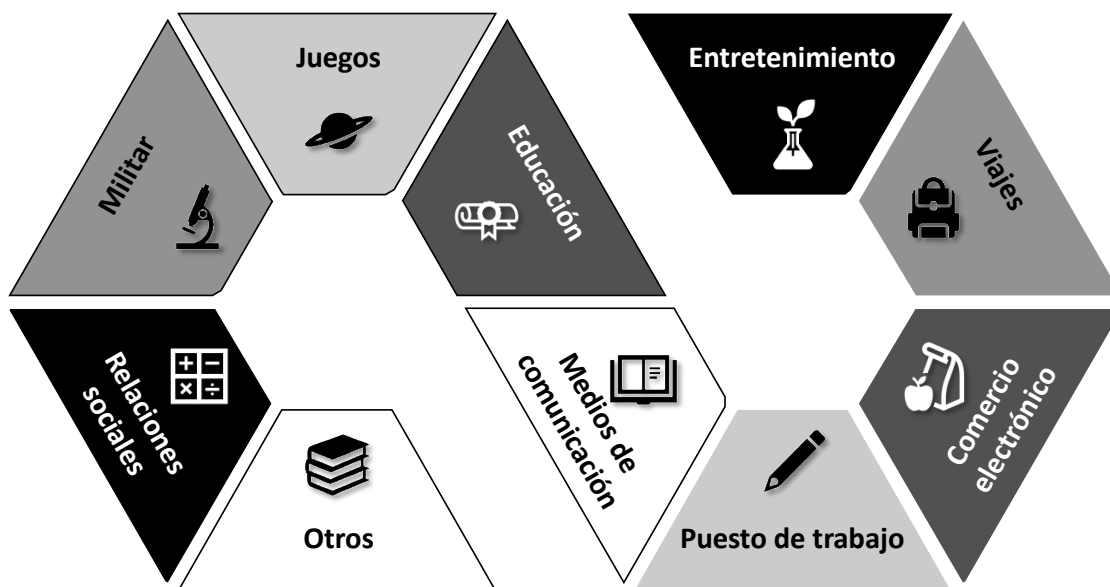


Figura 2. Los sectores más impactados por el Metaverso

## POSIBILIDADES PARA LAS DIFERENTES INDUSTRIAS EN EL METAVERSO

Las primeras aplicaciones del Metaverso han seguido dos líneas. Por una parte, la mayoría de los artículos publicados relacionados con el Metaverso han abordado temas educativos (por ejemplo, una experiencia usando metaversos para enseñar física mecánica a estudiantes de ingeniería, estudiando la percepción de los estudiantes de secundaria sobre el uso del Metaverso en experiencias de aprendizaje de realidad aumentada en matemáticas, etc.). Por otra parte, en el ámbito de soluciones comerciales, la mayoría de los desarrollos han sido en la industria de los videojuegos, la socialización y, hasta cierto punto, el arte. Pero el Metaverso abre inmensas posibilidades para otros sectores como la cultura, el comercio, la domótica, e incluso el deporte, la psicología, el periodismo, la política y la religión, por mencionar algunos.

Las tecnologías inmersivas habilitadoras del Metaverso proporcionarán diferentes oportunidades con respecto a las posibles aplicaciones, atendiendo a las siguientes premisas:

- La computación espacial permitirá el control de equipos con gestos y lenguaje natural.
- Las interfaces cerebro-ordenador ("brain-computer interfaces", BCI) permitirán la comunicación con dispositivos informáticos exclusivamente a través de la actividad cerebral para el control de una extremidad sintética o para capacitar a personas minusválidas para operar dispositivos electrónicos o de otro tipo.
- La integración de criptomonedas basadas en Blockchain (p. ej., Bitcoin) y tokens no fungibles (NFT) permitirá el despliegue de transacciones y arquitecturas innovadoras de una economía virtual.
- En una escala más amplia, se espera que las tecnologías relacionadas con el Metaverso se mezclen, se expandan y se amplifiquen aún más con tecnologías exponenciales como las redes inalámbricas de banda ancha, la computación en la nube, la robótica, la inteligencia artificial y la impresión 3D.

Jon Radoff da una buena descripción de la estructura del Metaverso en forma de siete capas (Fig. 3). Estas siete capas son muy útiles para explicar las aplicaciones potenciales para los diferentes actores del Metaverso.

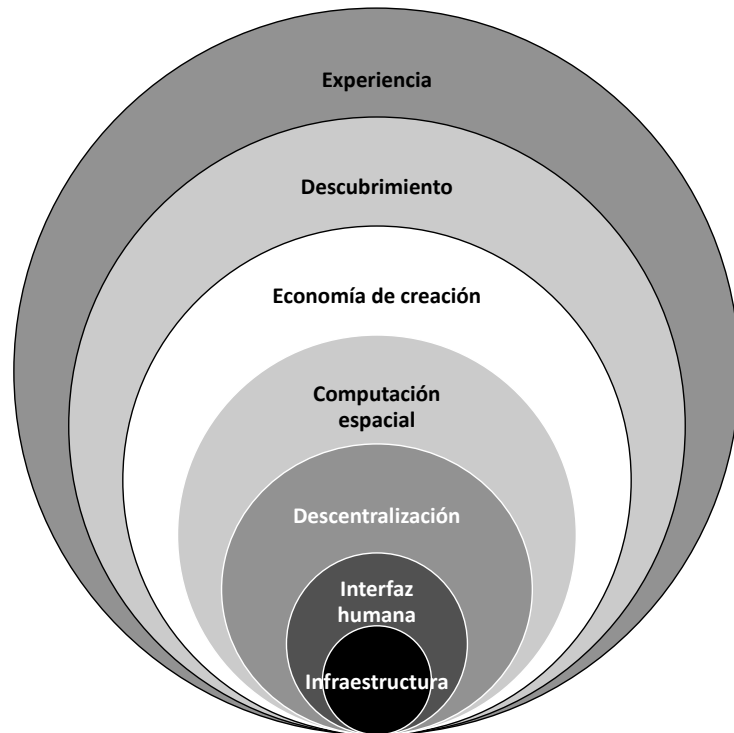


Figura 3. Las siete capas del Metaverso, según Jon Radoff

Al contrario de otros enfoques clásicos como el modelo OSI para la definición de redes de telecomunicaciones o la pila de protocolos TCP/IP utilizada para definir Internet, las capas de Radoff van desde el nivel más alto (abstracto, conceptual) hasta el más bajo (tangible, físico). Por lo tanto, la primera capa trata sobre la experiencia del usuario y el contenido generado por el usuario. El segundo, llamado "descubrimiento", trata de cómo el usuario establece una interacción social y cómo los proveedores brindan nuevas experiencias. La capa 3 se denomina "economía de creación" y se refiere al hecho de que, gracias a la tecnología Blockchain y otras herramientas habilitadoras, los usuarios podrán monetizar y controlar el contenido en el Metaverso, manteniendo bajo control la trazabilidad y los royalties. Esta es la primera capa que está estrechamente relacionada con tecnologías específicas. El siguiente, denominada "computación espacial", es donde funcionan todos los motores y soluciones de realidad virtual para desarrollar aplicaciones y mundos inmersivos en 3D, mientras que la quinta capa tiene que ver con la "descentralización", es decir, habilitar algoritmos y protocolos que respalden la estructura física general para hacer que el Metaverso funcione. La capa 6, denominada "interfaz humana", hace referencia a las gafas de VR, dispositivos portátiles, etc. y, finalmente, la última capa contiene la "infraestructura" (hardware) que lo soporta todo.

## EL METAVERSO EN LA EDUCACIÓN

La pandemia de la COVID-19 ha demostrado que la educación presencial no es la única forma de aprender. La educación online presenta sus retos y contratiempos, pero aquí el Metaverso ofrecerá soluciones prácticas. En el Metaverso, los profesores podrán interactuar con los niños en la realidad virtual, compartiendo un espacio, realizando gestos y en un contexto mucho mejor que usando una videoconferencia, por ejemplo. Aún más impresionante, un profesor podrá impartir clases a estudiantes que no compartan su mismo idioma empleando técnicas de aprendizaje automático y tecnologías de traducción en tiempo real.

El Metaverso tiene el potencial de revolucionar la educación. En lugar de usar libros de texto con imágenes o contenido multimedia en la educación online actual, los profesores podrían sumergir

instantáneamente a los estudiantes en las escenas de estudio (imaginemos, por ejemplo, las implicaciones para aprender arquitectura, medicina, historia, biología y, en realidad, todas las disciplinas).

Podemos esperar que las escuelas de todo el mundo evolucionen sus campus virtuales a campus en el Metaverso en el futuro. Algunas experiencias piloto ya están en marcha. Por ejemplo, se creará un campus virtual en el campus de Kenya-KAIST, que se espera que abra en septiembre de 2023 en Konza Technopolis. La Universidad de Nicosia se está preparando para abrir la primera galería universitaria permanente de NFT. Con el tiempo, estos ejemplos se multiplicarán y se volverán más complejos, lo que dará como resultado que los programas de intercambio de estudiantes sean algo cotidiano. Si con la educación online ya se cuestiona por qué las personas deben estudiar en un lugar específico, el Metaverso probablemente cambiará esa tendencia para siempre, ya que la ubicación geográfica se volverá prácticamente irrelevante para estudiar en cualquier lugar sobre cualquier tema. Y es probable que esto cambie el mapa universitario en todo el mundo, conduciendo a una consolidación de las grandes universidades y a la progresiva desaparición de las más pequeñas o, al menos, aquellas que no aporten un valor diferencial o se queden obsoletas. Como en otras grandes revoluciones, la tecnología transformará las raíces de la sociedad hasta llevarla a un punto distinto.

Otro grupo que se beneficiará de la implementación educativa del Metaverso es el de los estudiantes con discapacidad. Será más fácil para los profesores diseñar actividades personalizadas para estudiantes discapacitados, y la hospitalización a largo plazo no obstaculizará tanto el éxito académico, por ejemplo.

## **ALGUNAS MEJORAS PRÁCTICAS DEL METAVERSO EN LA EDUCACIÓN**

Cuando se habla de Metaverso y educación, la educación audiovisual es una importante aplicación del Metaverso, con un alto potencial para ser masivamente adoptada. La educación experiencial es importante porque lo que uno ve por escrito y cómo se siente uno mientras lo experimenta son dos cosas diferentes. Por ejemplo, la radiación es difícil de experimentar, por lo que podemos preconcebir simplemente que es peligrosa. Sin embargo, es posible medir los efectos educativos positivos cuando se analiza y experimenta la radiactividad técnica y científicamente en el Metaverso. Así, se demuestra que el Metaverso mejora la actitud hacia el aprendizaje, mejorando el disfrute y el rendimiento del alumno en comparación con el uso de presentaciones, proyecciones de video y libros de texto.

Adicionalmente, el Metaverso ayudará en el desarrollo de **laboratorios remotos o virtuales**. Existen algunas iniciativas, en su mayoría patrocinadas por universidades y centros de investigación, para construir laboratorios remotos que podrían ser explotados de manera más eficiente no solo por los estudiantes de esas universidades sino también por estudiantes de otras universidades. El uso de laboratorios remotos (altamente robotizados, para que un estudiante pueda usar equipos y piezas de forma remota y ver todo a través de una interfaz digital, frecuentemente equipados con una cámara para ver el experimento en tiempo real) podría convertirse en una experiencia mucho más inmersiva cuando se usa el Metaverso. Sin embargo, el mayor potencial se alcanzaría desarrollando laboratorios completamente virtuales en el Metaverso, lo que reduciría drásticamente el coste, ofreciendo el acceso a experimentos a muchos más estudiantes que de otra forma no se lo podrían permitir y reduciendo el riesgo de daños personales de determinados experimentos de laboratorio.

Sin embargo, usar el Metaverso con fines educativos aún requiere de bastante esfuerzo. En primer lugar, aún no están claras las ventajas y desventajas de un entorno virtual multiusuario de este tipo para la educación pero, además, el Metaverso exige acceder a dispositivos y contenidos que

aún no están disponibles para la mayoría de los temas educativos. Finalmente, los profesores deberán aprender a educar usando servicios del Metaverso en el corto plazo y, probablemente, dentro del propio Metaverso en el futuro. Aunque se han abordado algunas experiencias en el uso del Metaverso para la educación, como una para usar el Metaverso en el aprendizaje basado en problemas (PBL, por sus siglas en inglés) y otra para el entrenamiento de seguridad para niños en entornos al aire libre, con el sensor VR Kinect y el motor de juegos Unity, todo se encuentra aún en una fase experimental y el sector de la educación es un mercado emergente en la actualidad.

## **NUEVAS FUNCIONES O MEJORAS DEL METAVERSO EN LA EDUCACIÓN**

Hay varias aplicaciones prácticas directas del Metaverso en la educación, como son la enseñanza en el campo de la medicina, enfermería y atención médica, la educación científica, incluyendo los laboratorios virtuales mencionados anteriormente, la capacitación militar y el entrenamiento de operarios en los entornos de producción industrial, así como el aprendizaje de idiomas. De hecho, el Metaverso permite a los alumnos tener más oportunidades de experimentar, explorar y aprender en un campo nuevo, así como de trabajar e interactuar con otras personas que se pueden encontrar a miles de kilómetros. Incluso pueden aprender o practicar en aquellos contextos que no pueden experimentar en el mundo real. Por ejemplo, es posible que la mayoría de las personas no tengan la oportunidad de trabajar en el nivel de la alta dirección de una empresa o practicar para volar un avión. Sin embargo, esto podría suceder en el Metaverso con bastante facilidad.

Entre todas las posibles funciones o mejoras que el Metaverso puede aportar al sector de la educación, se pueden enumerar las siguientes:

- a) Situar a los estudiantes en un entorno cognitivo o de práctica de habilidades que podría suponer riesgos o peligros si hubiera que hacerlo en el mundo real, como por ejemplo, una planta nuclear o un vertido químico.
- b) Situar a los estudiantes en los contextos necesarios para experimentar y aprender lo que generalmente no tienen la oportunidad de involucrarse en el mundo real, como puede ser observar la dinámica de un comité de dirección o el tráfico de drogas en una calle de un barrio marginal.
- c) Permitir que los estudiantes perciban o aprendan algo que requiere participación y práctica a largo plazo. Con la ayuda de la tecnología de gemelos digitales, es posible recrear completamente un entorno para que el estudiante pueda probar y equivocarse cuantas veces sea necesario durante su aprendizaje, sin impactar en el sistema real o consumir recursos costosos.
- d) Alentar a los estudiantes a intentar crear o explorar algo que no pueden permitirse hacer en el mundo real debido a determinadas razones prácticas, como el coste, la falta de materiales reales o la distancia geográfica. Por ejemplo, visitar la ciudad de Angkor Wat en Camboya.
- e) Permitir que los estudiantes tengan pensamientos e intentos alternativos con respecto a sus carreras o vidas. El Metaverso es un lugar para crear entornos que son imposibles en la realidad física, dando rienda suelta a la imaginación de los estudiantes en sus procesos creativos y cognitivos.
- f) Permitir que los estudiantes perciban, experimenten u observen cosas desde diferentes perspectivas o roles, gracias a las tecnologías inmersivas como la realidad virtual o aumentada.
- g) Permitir que los estudiantes aprendan a interactuar e incluso a colaborar con personas con las que quizás no tengan la oportunidad de trabajar en el mundo real, debido a la distancia geográfica, las diferencias culturales o de idioma, o simplemente por falta de tiempo.
- h) Explorar el pensamiento potencial o de orden superior de los estudiantes, al involucrarlos en tareas complejas, diversas y auténticas. El Metaverso habilitará a los profesores e

instituciones educativas a incorporar experiencias mucho más realistas, impactantes y útiles en el proceso de aprendizaje.

En consecuencia, se puede ver que hay muchas nuevas funciones posibles de la educación basada en el uso del Metaverso. Los propósitos del aprendizaje en el Metaverso podrían estar muy relacionados con las necesidades de los estudiantes en su vida real, especialmente en aquellos casos en los que no tienen oportunidades de experimentar o practicar tales casos en su entorno.

### **Implicaciones en la educación de las tecnologías habilitadoras del Metaverso**

Como hemos comentado, el Metaverso es un concepto paraguas que incluye una serie de tecnologías innovadoras que lo hacen posible. A continuación, se mencionan las características básicas de tales tecnologías y sus implicaciones en los modelos de educación que pueden transformar o habilitar en los próximos años.

#### **Realidad aumentada**

La realidad aumentada (AR, por sus siglas en inglés) permite la superposición de objetos virtuales en el mundo real para hacer que el objeto virtual parezca integrado con el entorno 3D real. Por ejemplo, la web de Apple nos permite ver sus ordenadores y dispositivos apoyados sobre nuestra propia mesa simplemente utilizando la cámara del móvil o la tablet. La AR también permite superponer elementos virtuales a imágenes reales, por ejemplo, añadir gafas o sombreros a nuestros rostros mientras estamos en una videoconferencia, además de añadir un fondo virtual, como hace la aplicación Zoom. Otra característica de la AR es ser capaz de añadir información proyectada virtualmente sobre imágenes del mundo real, como hacen muchas apps para la observación del firmamento o los parabrisas "HUD" (por sus siglas "head-up display", en inglés), que proyectan información del salpicadero o la ruta del GPS sobre el parabrisas del coche.

#### **Implicaciones educativas:**

En determinadas disciplinas, como la medicina o la ingeniería mecánica, la AR se puede utilizar para enseñar las partes invisibles del cuerpo humano o de una planta industrial, respectivamente, en 3 dimensiones, a través de información digital virtual y representaciones de objetos virtuales superpuestos, como un tumor o el flujo sanguíneo sobre un órgano en el primer caso o el gradiente de temperatura debido a la fricción de un engranaje, en el otro.

Por supuesto, la AR es también un muy buen aliado para facilitar la comprensión del contenido que es difícil de observar o explicar en texto o imágenes y aporta un valor añadido sobre la utilización de vídeos y proyecciones, pues los estudiantes pueden adquirir el conocimiento a través de una experiencia interactiva. Conviene resaltar que, además, con la AR es posible utilizar simultáneamente otras experiencias interactivas como leer, escribir y hablar mientras se está inmerso en el contexto de aprendizaje, lo que no es posible con la proyección de un vídeo, por ejemplo.

#### **Perfil virtual (lifelogging)**

El concepto de "lifelogging" hace referencia a la compilación de toda la información y rastro digitales que dejamos a lo largo de nuestra vida al utilizar los sistemas (navegar por Internet, ver una serie de una plataforma de contenidos, publicar o interactuar en las redes sociales, movernos con el móvil encima...). Cada día, más sistemas se encuentran conectados entre sí, compartiendo esta información y generando un perfil virtual de cada usuario hasta niveles de detalles desconocidos para el propio usuario. La progresiva adopción del pago con tarjeta añade información sobre nuestros gustos, estilo de vida, poder económico y hábitos diarios a nuestros perfiles digitales. Además, con la llegada de los "smartwatches" y dispositivos deportivos conectados, hasta nuestros datos

biológicos, como nuestro ritmo cardíaco, las calorías que quemamos en cada momento o el nivel de azúcar y oxígeno en sangre son volcados a estos repositorios, que cada vez tienen un perfil más preciso de nuestro cuerpo y nuestra mente.

El Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) aplicado al mobiliario urbano, los automóviles, el transporte público, los hospitales, la administración pública, los cajeros automáticos, las viviendas y los comercios también aporta información importante sobre el mundo físico que, combinada con nuestros perfiles virtuales, permite alimentar sistemas de inteligencia artificial (AI, por sus siglas en inglés) para encontrar patrones altamente complejos, capaces incluso de **predecir** nuestras futuras acciones.

### **Implicaciones educativas:**

La realidad de los perfiles virtuales, cada vez más completos y relevantes para nuestras acciones diarias, incluso para nuestros derechos y libertades, obliga a revisar y reflexionar sobre la vida diaria de cada uno, mejorar la capacidad de representar e implementar la información en una dirección adecuada y atender a las reacciones y retroalimentación de otros en las redes sociales, lo que finalmente impacta en el refuerzo y las recompensas o en el deterioro de la autoestima.

La combinación de perfiles virtuales enriquecidos con inteligencia artificial, cuya característica principal es la identificación de patrones en los conjuntos de datos, generará conclusiones difícilmente rebatibles por opiniones e incluso conocimiento individual. La AI tiene el riesgo inherente de convertirse en *la fuente de la Verdad*, el oráculo o *la Verdad objetiva*, atacando fuertemente a la libertad de cátedra de los profesores, el pensamiento crítico de los estudiantes, y el método científico basado en ensayo y error.

En la dirección opuesta, la disponibilidad de perfiles virtuales enriquecidos de los estudiantes permitirá una educación mucho más personalizada, adaptando las tareas y experiencias educativas diseñadas por el profesor a cada estudiante según su rendimiento y sus necesidades, de manera automatizada. Además, la monitorización permanente del propio perfil del estudiante durante el curso permite detectar desmotivación o dificultades que puedan terminar en abandono escolar.

### **Gemelos digitales y mundos espejos**

La generación de réplicas virtuales del mundo real funcionando de alguna manera sincronizada es lo que se denomina "gemelo digital" (o "digital twin", en inglés). Esta práctica está todavía en una fase muy temprana y sobre todo se está aplicando en el sector industrial, para construir réplicas virtuales de fábricas o equipamiento industrial, con el objetivo de poder monitorizarlos en tiempo real y experimentar con simulaciones, sin necesidad de interferir en el funcionamiento del entorno real, que suele implicar elevados costes.

Dentro de esta categoría también podríamos incluir, como una fase preliminar, la réplica estática de entornos físicos, como Google Earth, que podríamos denominar mundos espejos. Los mundos espejos no necesariamente contienen toda la realidad. En otras palabras, expanden el mundo real para aumentar la interacción con él, la flexibilidad en la administración y operación, y la colaboración con otras personas utilizando un entorno más fácil de acceder.

### **Implicaciones educativas:**

La existencia de mundos virtuales o espejos permite superar las limitaciones espaciales y físicas de la enseñanza y el aprendizaje, pues tienen lugar en el metaverso del mundo espejo. Se podría incluir dentro de esta categoría las clases en remoto en tiempo real a través de herramientas de videoconferencia y herramientas de colaboración como Zoom, WebEx, Google Meet y Teams, que

continuarán evolucionando hacia entornos más inmersivos, interactivos y parecidos a encuentros físicos.

Estos mundos espejos integran con frecuencia la capacidad de manipular y fabricar objetos en un entorno de realidad virtual, que veremos a continuación. Por ejemplo, la aplicación Minecraft permite que los estudiantes construyan y restauren estructuras históricas como el Taj Mahal, la Torre Eiffel, etc. para mejorar sus conocimientos y comprensión de la historia y la cultura.

### **Realidad virtual**

La realidad virtual (VR, por sus siglas en inglés) es una tecnología que permite crear espacios tridimensionales generados por ordenador por los que es posible navegar, con la ayuda de un casco o gafas de realidad virtual, mediante unos controles similares a los mandos de videojuegos o simplemente moviendo la cabeza. La realidad virtual nació del mundo de los videojuegos y ha ido ganando terreno en otros ámbitos como las exposiciones y museos virtuales o la telemedicina, por ejemplo.

Nuestra presencia en los mundos virtuales generados por la VR se identifica por un "avatar", que es una figura con una forma determinada, que puede ser una réplica más o menos realista y fiel de nuestro propio cuerpo o algo totalmente inventado (un animal, una figura geométrica, la imagen de un famoso, etc.). Dependiendo de la plataforma de VR utilizada y el punto de vista del observador, puede ocurrir que solo los demás puedan ver nuestro avatar (o nosotros solo al mirarnos en un espejo dentro de ese mundo virtual) o que nosotros mismos veamos nuestro avatar en el centro de la imagen, como si se tratara de un personaje en un videojuego.

Las soluciones de VR suelen incluir herramientas de chat y comunicación para poder comunicarnos con otras personas e incluso con avatares generados y animados por inteligencia artificial, que pueden no corresponder a ninguna persona real o, al menos, estar manejados por personas reales solo durante algunos momentos y el resto, por AI.

#### **Implicaciones educativas:**

Gracias a la VR, se pueden realizar prácticas de laboratorio o de enseñanzas profesionales mediante simulación virtual en entornos que son difíciles de producir debido a los altos costes y elevado riesgo como, por ejemplo, actuaciones en incendios, entrenamiento de vuelo, operaciones de cirugía, etc.

Además, los estudiantes pueden tener experiencias inmersivas de recreaciones de época y lugares que no se pueden experimentar en la realidad, como la antigua Grecia, Mesopotamia, Egipto, la China de los Reinos Combatientes, o la ciudad del futuro.

A través de juegos orientados a la educación basados en mundos virtuales 3D, los estudiantes podrán mejorar sus habilidades de pensamiento estratégico e integral, sus capacidades para resolver problemas y aprender algunas habilidades necesarias para el mundo real. La técnica de utilizar juegos diseñados para un fin específico distinto del mero entretenimiento se denomina "gamificación" ("*gamification*", en inglés) y es una disciplina creciente tanto en los entornos corporativos para conseguir un aprendizaje más eficaz y rápido entre los empleados como en el marketing, para captar la atención de usuarios y clientes en programas de fidelización (se podría entender como una evolución compleja de la clásica colección de sellos a cambio de realizar compras para obtener determinados obsequios en función de los sellos acumulados).



## ¿CUÁNDO SE TRANSFORMARÁ EL METAVERSO EN REALIDAD?

El Metaverso se basa en tecnologías que ya existen en la actualidad. Desde un punto de vista teórico, podría ser considerado ya una realidad, aunque solo como un grupo de experimentos reducidos. Sin embargo, el Metaverso *práctico* aún está por llegar. La razón es que, incluso cuando algo es técnicamente factible, todavía existe la necesidad de desarrollar un ecosistema y producir y desplegar algunos elementos a gran escala para que sea práctico. Uno puede saber cómo hacer galletas y tal vez obtener los ingredientes muy fácilmente, pero existe un gran salto antes de que uno sea capaz de construir una empresa de alimentos que pueda fabricar y vender millones de galletas en todo el mundo.

En este apartado analizaremos qué se necesita para que el Metaverso sea democratizado, es decir, accesible a todos y ampliamente utilizado en nuestra vida cotidiana.

### EL PROBLEMA DE LA ESCALABILIDAD

Los experimentos actuales con salas virtuales inmersivas muestran que, con las tecnologías actuales, el rendimiento informático de las tarjetas gráficas (GPU, técnicamente hablando, por sus siglas en inglés) y el ancho de banda disponible de las redes de telecomunicaciones ofrecen la posibilidad de escalar dichos entornos interactivos solo hasta unas pocas decenas de participantes. Incluso cuando la minería de criptomonedas y la industria de los videojuegos han multiplicado la demanda de GPUs de alto rendimiento, aumentando el rendimiento a un coste relativamente asequible, el principal problema es que, a medida que más participantes acceden a una sala, la demanda de carga y descarga de datos de esa conexión aumenta exponencialmente. Esto se debe a que el servidor que aloja la sala virtual, ya sea sirviendo simplemente como un repetidor o realizando algún procesamiento sobre el contenido, debe calcular una vista dinámica 3D para cada participante y, cada vez que se une un nuevo usuario, se deben calcular más imágenes en movimiento 3D para cada uno de los demás participantes. Como resultado, el servidor se verá saturado y dejará de funcionar correctamente.

En cuanto al requerimiento de ancho de banda de las aplicaciones en el Metaverso, debemos saber que, en comparación con los videos 2D tradicionales, el ancho de banda para transmitir videos equivalentes en 3D (misma resolución, misma duración, misma profundidad de color...) es enorme, como se muestra en la Tabla 2.

Tecnología de vídeo 3D	Ancho de banda 3D	Streaming 2D equivalente (TV)	Ancho de banda 2D
<b>Imágenes 2x2D 2k, 30 fps, color de 8 bits</b>	100 Mbps	SD (720x480)	1,1 Mbps
<b>Imágenes 2x2D 4k, 60 fps, color de 10 bits</b>	400 Mbps	HD (1080p)	5 Mbps
<b>Imágenes 2x3D 8K, 120 fps, color de 12 bits</b>	2 Gb/s	4K (2160p)	20 Mbps

Tabla 2. Equivalencia en requisitos técnicos entre video inmersivo 3D y transmisión normal 2D

Podemos ver que el ancho de banda de la conexión a Internet para que el Metaverso funcione en casa o en nuestros dispositivos móviles es alrededor de 100 veces mayor que la transmisión de vídeo convencional. Aunque hay hogares con un ancho de banda superior a los 400 Mbps, el problema reside en el lado del servidor, ya que ahora es imposible proporcionar dicho ancho de banda a una gran cantidad de usuarios desde el mismo nodo de red que aloja la sala virtual.

## LA NECESIDAD DE NUEVOS DISPOSITIVOS

El segundo reto para que el Metaverso llegue a generalizarse es la accesibilidad. El acceso a Internet actual no necesita dispositivos específicos. Los teléfonos inteligentes, las tablets y los ordenadores se pueden encontrar en todos los hogares. Para acceder al Metaverso, los usuarios deben usar gafas 3D para una mejor interacción con el mundo virtual. El problema con este tipo de dispositivos no es solo la necesidad de que alguien adquiera un nuevo dispositivo relativamente costoso (su precio comienza en torno a los 400 euros), sino también que las gafas limitan en gran medida la accesibilidad, en el sentido de que muchas aplicaciones no son posibles, y tales dispositivos solo se pueden usar en entornos físicos controlados (normalmente en un espacio libre de obstáculos en una habitación amplia). Algunos proveedores están haciendo esfuerzos para producir nuevos dispositivos de interfaz para acceder al Metaverso, como gafas más estándares y atractivas, lentes de contacto e incluso proporcionar acceso sin usar ninguno de estos dispositivos.

Además, solo tendemos a pensar en el Metaverso como una combinación de audio espacial y entradas de vídeo en 3D, pero las técnicas de interacción deben incorporar los otros sentidos, como el tacto, el olfato e incluso el gusto, tal como experimentamos el mundo físico. Este camino se encuentra todavía en una fase experimental muy inicial.

Otro reto, relacionado con la accesibilidad, es la interoperabilidad entre diferentes implementaciones del Metaverso (distintos metaversos), especialmente cuando los usuarios se mueven de una plataforma a otra. Como tecnología emergente, se espera que los grandes proveedores tecnológicos proporcionen sus propios dispositivos para ciertas plataformas, como hemos experimentado en el pasado con otras tecnologías emergentes. La experiencia del usuario debe ser fluida, sin interrupciones y permitir que cualquiera acceda a todos los contenidos del Metaverso, pero esto probablemente no será así en los comienzos.

## CONECTANDO LA REALIDAD FÍSICA

El Metaverso servirá como puente entre los mundos físico y digital. De hecho, como hemos visto a lo largo de este artículo, el Metaverso puede entenderse como un mundo en red paralelo al mundo real. Aunque esto no es del todo cierto. Ambos mundos interactuarán en determinadas circunstancias donde **los datos producidos en el mundo físico alimentarán las aplicaciones o repositorios de información del Metaverso y las acciones realizadas en el Metaverso por los usuarios o los elementos virtuales se traducirán en acciones físicas en la realidad.**

Veamos un ejemplo ilustrativo: una aplicación del Metaverso podría replicar las condiciones climáticas físicas reales en una playa específica para simular ese entorno en el espacio virtual. Para eso, los datos físicos (temperatura, luz, lluvia, nubes, viento, etc.) deben medirse en el mundo real y luego enviarse a la aplicación en el Metaverso. De igual forma, la misma app podría tener acceso a los sistemas de calefacción y aire acondicionado de la casa del usuario, así como a ventiladores especiales, para emular la temperatura y viento real de esa playa en la habitación física del usuario.

Aunque cada día se miden digitalmente más variables en nuestro mundo físico, los requisitos para proporcionar experiencias verdaderamente inmersivas en el Metaverso son muchos. Por lo tanto, al principio, se espera que las aplicaciones del Metaverso brinden experiencias inmersivas vagas o

insuficientes, justo lo necesario para poder proporcionar algunos servicios denominados comúnmente productos mínimos viables (MVP, por sus siglas en inglés). Por ejemplo, la experiencia de compra en el Metaverso podría limitarse a meras representaciones flotantes en 3D de los objetos, sin que podamos agarrarlos para comprobar cuánto pesan, sentir su textura y consistencia, etc.

El esfuerzo por conectar bidireccionalmente la realidad física con el Metaverso es enorme y por lo tanto se espera que haya una evolución continua durante los próximos años. Este esfuerzo se producirá siguiendo dos caminos evolutivos: el primero, la digitalización de toda la realidad (medir y registrar todo) y el segundo, el desarrollo de software y métodos que puedan procesar tal cantidad de datos para brindar nuevas experiencias y aplicaciones a los usuarios dentro del Metaverso.

## **CIUDADES INTELIGENTES Y SENSORES EN TODAS PARTES**

La "ciudad inteligente" (o "*smart city*", en inglés) es un concepto utilizado para definir un sistema complejo e interconectado que aplica tecnologías digitales para gestionar los procesos típicos en un área urbana. Estas tecnologías se pueden aplicar a casi todo, desde los sistemas de transporte público y privado hasta el uso eficiente de los recursos energéticos o hídricos, pasando por planes de protección civil o aspectos socioeconómicos, como el uso eficiente y más respetuoso de los espacios públicos, o la comunicación de incidencias a habitantes y visitantes.

Una ciudad inteligente detecta las necesidades de sus ciudadanos y reacciona transformando en conocimiento las interacciones de los ciudadanos con los sistemas y elementos de los servicios públicos. El objetivo final de los servicios de una ciudad inteligente es dar solución en tiempo real a los problemas y demandas de sus ciudadanos, o incluso anticiparse a eventos o necesidades, para conseguir un mejor bienestar social o un entorno más sostenible y respetuoso con el medioambiente y un uso más racional de los recursos naturales.

Como habrás adivinado, el despliegue de servicios en una ciudad inteligente implica instalar sensores para medir diferentes variables en la ciudad: contadores inteligentes de agua o electricidad, cámaras, sensores meteorológicos, sensores de ruido, sensores de tráfico, policía, ambulancia, bomberos y vehículos, sensores de posicionamiento GPS, sensores de densidad de personas, sensores de drenaje del alcantarillado, sensores de contaminación del aire, sensores, sensores y más sensores. Toda esta información se utiliza en la actualidad de dos maneras: primero, para alimentar grandes bases de datos que pueden mostrar tendencias en diferentes aspectos, como la contaminación o el ruido y segundo, para proporcionar información en tiempo real para tomar acciones, como enviar un vehículo patrulla si se detecta una congestión de tráfico inusual o hacer recomendaciones a los ciudadanos si la contaminación o el polen han alcanzado el umbral máximo recomendado para ciertas actividades como correr al aire libre.

Esta es una tendencia que comenzó primero en las ciudades más grandes y luego fue adoptada por muchas otras ciudades y áreas urbanas pequeñas. Se espera que continúe expandiéndose a más poblaciones durante los próximos años, con muchos más sensores desplegados en todo el territorio cada año. Esto es fundamental para poder desarrollar nuevas aplicaciones en el Metaverso porque, como se vio anteriormente, los sensores son la base para digitalizar información del mundo real y alimentarla en el Metaverso y también porque las bases de datos asociadas a los servicios de ciudades inteligentes ayudarán mucho a desarrollar modelos virtuales para el Metaverso sobre muchos aspectos de nuestra vida diaria.

## **DESARROLLO DE NUEVAS APLICACIONES ÚTILES**

Desarrollar software para el Metaverso implica mucho trabajo y estudio, ya que todavía hay pocos recursos para aprender y muchas posibilidades que aún no se han descubierto. No hay suficiente

información de detalles prácticos para realizar implementaciones complejas y realistas (por ejemplo, la selección de objetos en espacios 3D, acciones condicionales, guiones gráficos de usuario con flujos de escena para ir guiando al usuario a lo largo del servicio que se le quiere prestar, teletransportación entre escenas, movimiento natural y fluido y diálogo entre usuarios – o bots – en un entorno espaciotemporal similar al mundo físico). Cuando nace una nueva tecnología o ecosistema tecnológico, aparecen comunidades de desarrolladores para ayudar a los desarrolladores individuales a desarrollar de manera colaborativa, sin que cada uno tenga la necesidad de diseñar todo el sistema. Hay algunas plataformas colaborativas comerciales como Roblox que ya se están ejecutando con éxito, así como otras de código abierto, como Unity.

Este tipo de iniciativas es crucial para la adopción masiva del Metaverso. Aunque estamos viendo algunos intentos iniciales de hacer traducciones de algunas aplicaciones del mundo 2D-smartphone (*apps*) al Metaverso, la mayoría de ellos solo parecerán atractivos para los primeros usuarios (*“early adopters”*, en inglés) del Metaverso, ya que habrá muy poco o ningún valor agregado allí (por ejemplo, ver videos de YouTube en un teatro virtual).

Se dará un salto importante una vez que se empiecen a desarrollar nuevas aplicaciones genuinas o nativas para el Metaverso, brindando servicios y experiencias que serán imposibles fuera del Metaverso, como probarnos ropa o accesorios directamente en nuestro cuerpo, nuestra oreja o nuestra muñeca. De todos modos, todavía deberemos esperar algunos años hasta que las atractivas e impresionantes aplicaciones del Metaverso estén disponibles y sean ampliamente adoptadas por la sociedad.

## **LUCHANDO CONTRA MÚLTIPLES METAVERSOS**

Se ha visto demostrado a lo largo de la historia que cualquier tecnología que pretende extenderse globalmente es descentralizada por naturaleza. Ejemplos de tecnologías descentralizadas son la tecnología *Blockchain*, el almacenamiento distribuido, la computación distribuida, etc. En la actualidad hay bastantes empresas que están ofreciendo su propio metaverso, siendo Meta la más famosa. Hablando con rigurosidad, estas soluciones no son *el Metaverso* sino espacios aislados de realidad virtual. Podemos hacer una comparación con las incipientes redes informáticas aisladas de los años 70 (la mayoría para conectar sucursales bancarias) y la Internet que conocemos, donde todo está conectado con todo.

Lo que hizo posible Internet fueron dos cosas: una, el uso común de algunos protocolos de comunicación (a saber, TCP/IP) entre todas las organizaciones del mundo; y la otra, lo que técnicamente se llama una “herramienta de descubrimiento”, más conocida como “motores de búsqueda” (por ejemplo, Google o Bing), en conjunto con el desarrollo de la WorldWide Web (WWW) como facilitador para denominar y localizar sitios web. En el contexto del Metaverso, un problema que debe resolverse de manera urgente es cómo descubrir y asignar recursos de manera efectiva. Los investigadores están constantemente explorando estrategias de gestión de recursos para proporcionar la base para la implementación del Metaverso, por ejemplo, un algoritmo de búsqueda y descubrimiento de recursos para entornos heterogéneos, o un marco de asignación dinámica de recursos para sincronizar el Metaverso con servicios y datos conectados a fuentes externas y la realidad física.

Sin embargo, es probable que veamos algunas iniciativas privadas que brinden servicios aislados similares al Metaverso antes de que alcancemos un estado de madurez en el que podamos disfrutar de un motor de búsqueda similar a Google para navegar entre los diferentes espacios virtuales y aplicaciones en el Metaverso.

Además, en el Metaverso, nuestro avatar y la existencia de un contexto espacial son cruciales para muchos servicios y todavía no hay una respuesta definitiva sobre cómo los desarrolladores deberían

usar protocolos o estándares comunes para permitirnos usar el mismo avatar e información contextual (por ejemplo, la configuración de la sala física de nuestra casa u oficina que usamos para conectarnos al Metaverso, el tipo de dispositivos que tenemos) en diferentes aplicaciones.

Así, tratándose de un mundo virtual íntimamente conectado con la realidad y con una naturaleza multidimensional compleja, es necesario establecer estándares para el Metaverso. Además, los problemas de compatibilidad y estandarización del Metaverso no afectan solo a la interconexión y coexistencia de los metaversos creados por diferentes empresas, sino también a cómo conectar el Metaverso con el mundo real. Podemos citar como ejemplos fácilmente comprensibles los problemas para la circulación y compatibilidad de monedas, y la gestión de disputas legales. La Fig. 4 muestra el complejo ecosistema tecnológico y funcional que debe gestionarse para obtener una experiencia integrada en el Metaverso. Al principio, se espera un grado total de libertad para cualquier empresa que comience a desarrollar aplicaciones de tipo metaverso. Sin embargo, cuanto más tiempo transcurra sin que se definan los estándares adecuados, más difícil será la futura interoperabilidad entre aplicaciones y servicios.

En conclusión, aunque existen algunas iniciativas para construir aplicaciones para el Metaverso, existe una necesidad urgente de aprobar y seguir estándares para la interoperabilidad entre ellos y la integración de fuentes de información externas. De lo contrario, podríamos ver en los próximos años el rápido ascenso y caída del Metaverso antes de que llegue una futura segunda oportunidad.

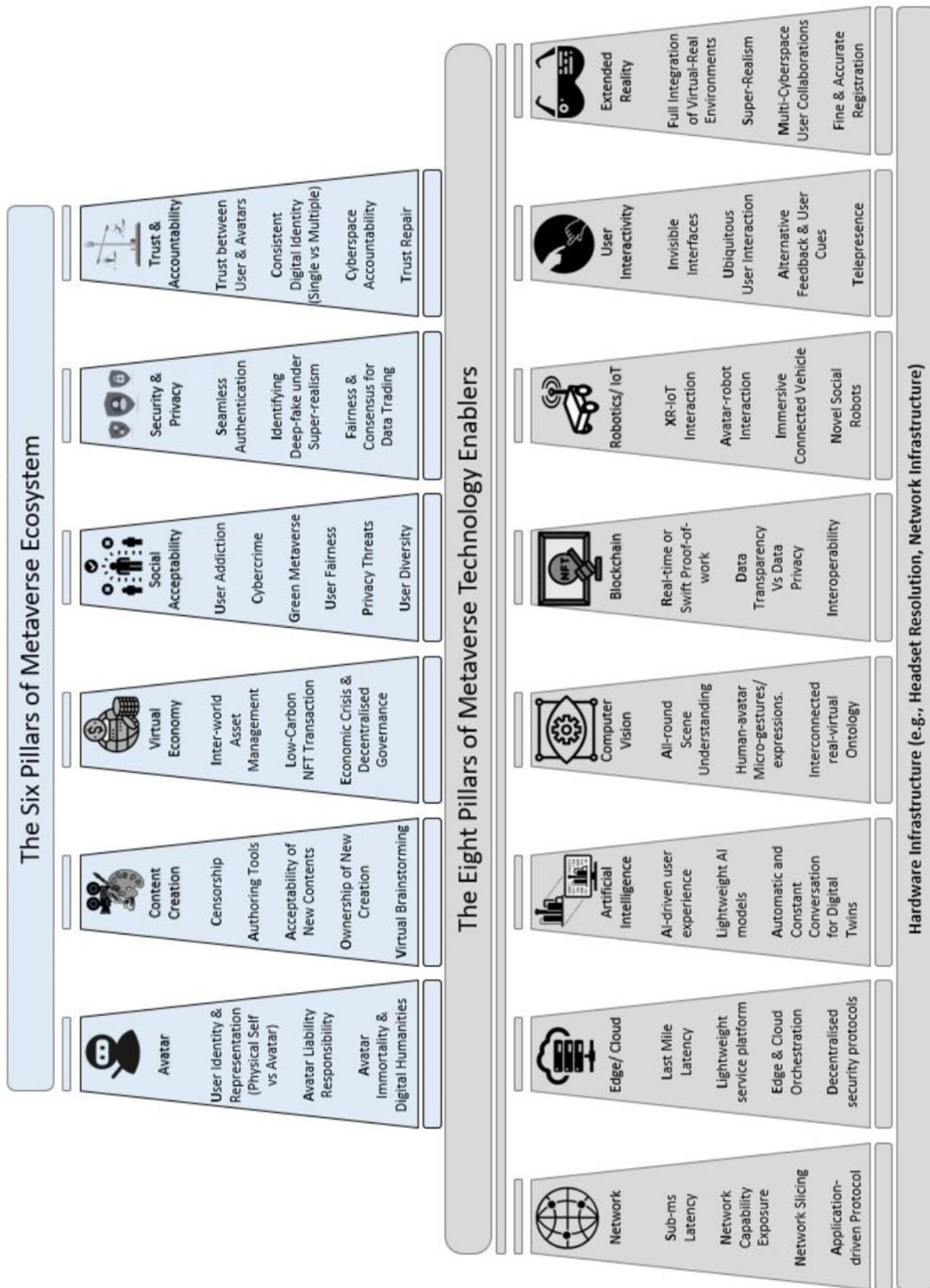


Figura 4. Tecnologías habilitadoras y componentes funcionales del Metaverso

## CONCLUSIONES

El Metaverso es un concepto paraguas que engloba un conjunto de tecnologías digitales inmersivas e interactivas, como la realidad virtual y aumentada, la tecnología Blockchain, la Internet de las Cosas, los gemelos digitales, etc. Aunque aún necesita tiempo para que estas tecnologías maduren hasta el punto de permitir el uso masivo de entornos 3D interactivos y en tiempo real para millones de usuarios, algunos servicios del Metaverso ya están disponibles en la actualidad y otros irán apareciendo durante los próximos meses y años, al igual que ocurrió con la Web 2.0, la Internet interactiva (foros, redes sociales, comercio electrónico, plataformas de contenido, etc.).

Poco a poco, al igual que hemos acuñado el concepto de "nativo digital" para aquellas personas que han nacido en un entorno donde los dispositivos digitales, especialmente los teléfonos inteligentes y las tablets, han estado a su alcance desde el momento de nacer, debemos esperar una nueva transformación de la sociedad con los que denomino "nativos virtuales", personas que desde su nacimiento estarán acostumbradas a la existencia de un mundo virtual paralelo y conectado al mundo físico.

La educación es un sector que puede beneficiarse enormemente de la venida del Metaverso y que también sufrirá transformaciones profundas, incluso en aquellos casos o entidades que se resistan al cambio. La educación consiste en interacción, en contenidos con distintos niveles de complejidad, en observación y experimentación, y en todas estas facetas el Metaverso ofrece nuevas herramientas, muchísimo más eficaces para el aprendizaje y eficientes para dar acceso a una educación de mayor calidad a todos los ciudadanos.

Como última nota para los autores científico-técnicos y académicos, en este momento se está abriendo una puerta a nuevos contenidos digitales inmersivos, que tengan en cuenta la capacidad espacio-temporal que ofrece el Metaverso. Pasamos, pues, de escritura, contenido gráfico, recursos audiovisuales y páginas web interactivas a un nuevo conjunto donde los contenidos 3D interactivos se unen al catálogo de recursos educativos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Flores-Galea, Antonio L. "Journey to the Metaverse: Technologies Propelling Business Opportunities". Business Expert Press (2023). ISBN 978-1-63742-438-4.
- [2] Mystakidis, Stylianos. "Metaverse." Encyclopedia 2, no. 1 (2022): 486-497.
- [3] Lee, Lik-Hang, Tristan Braud, Pengyuan Zhou, Lin Wang, Dianlei Xu, Zijun Lin, Abhishek Kumar, Carlos Bermejo, and Pan Hui. "All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda." arXiv preprint arXiv:2110.05352 (2021).
- [4] Kye, Bokyung, Nara Han, Eunji Kim, Yeonjeong Park, and Soyoung Jo. "Educational applications of metaverse: possibilities and limitations." Journal of educational evaluation for health professions 18 (2021).
- [5] Laeeq, Kashif. "Metaverse: why, how and what." How and What (2022).
- [6] Dwivedi, Yogesh K., Laurie Hughes, Abdullah M. Baabdullah, Samuel Ribeiro-Navarrete, Mihaelis Giannakis, Mutaz M. Al-Debei, Denis Dennehy et al. "Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy." International Journal of Information Management 66 (2022): 102542.
- [7] Hwang, Gwo-Jen, and Shu-Yun Chien. "Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective." Computers and Education: Artificial Intelligence 3 (2022): 100082.

- [8] Tlili, Ahmed, Ronghuai Huang, Boulus Shehata, Dejian Liu, Jialu Zhao, Ahmed Hosny Saleh Metwally, Huanhuan Wang et al. "Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis." *Smart Learning Environments* 9, no. 1 (2022): 1-31.
- [9] Suh, Woong, and Seongjin Ahn. "Utilizing the metaverse for learner-centered constructivist education in the post-pandemic era: an analysis of elementary school students." *Journal of Intelligence* 10, no. 1 (2022): 17.
- [10] Rospigliosi, Pericles 'asher. "Metaverse or Simulacra? Roblox, Minecraft, Meta and the turn to virtual reality for education, socialisation and work." *Interactive Learning Environments* 30, no. 1 (2022): 1-3.
- [11] Collins, Chris. "Looking to the future: Higher education in the Metaverse." *Educause Review* 43, no. 5 (2008): 50-52.
- [12] Ball, Matthew. *The metaverse: and how it will revolutionize everything*. Liveright Publishing, 2022.
- [13] Oh, Hyun Jung, Junghwan Kim, Jeongheon JC Chang, Nohil Park, and Sangrock Lee. "Social benefits of living in the metaverse: The relationships among social presence, supportive interaction, social self-efficacy, and feelings of loneliness." *Computers in Human Behavior* 139 (2023): 107498.
- [14] Dahan, Neama A., Muna Al-Razgan, Ali Al-Laith, Muaadh A. Alsoufi, Mahfoudh S. Al-Asaly, and Taha Alfakih. "Metaverse framework: A case study on E-learning environment (ELEM)." *Electronics* 11, no. 10 (2022): 1616.
- [15] Jovanović, Aleksandar, and Aleksandar Milosavljević. "VoRtex Metaverse platform for gamified collaborative learning." *Electronics* 11, no. 3 (2022): 317.
- [16] Upadhyay, Ashwani Kumar, and Komal Khandelwal. "Metaverse: the future of immersive training." *Strategic HR Review* 21, no. 3 (2022): 83-86.