

DOCUMENTO

METAVERSO:

TECNOLOGÍA, IMPACTO Y APLICACIÓN

NOVIEMBRE DE 2023

Ametic
LA VOZ DE LA INDUSTRIA DIGITAL

50
aniversario
1973 - 2023

METAVERSO: ÍNDICE

1. Introducción: Definición y Taxonomía	3
Taxonomía	3
Tecnologías más representativas.....	4
2. Impacto y Ámbitos de aplicación del Metaverso.....	6
Impacto y oportunidad.....	6
Ámbitos de aplicación	7
Metaverso de la industria	7
Metaverso de la empresa	9
Metaverso del consumidor	10
3. Technological Readiness	12
Plataformas de desarrollo.....	12
Formatos de contenido 3D	13
Motores gráficos 3D	13
Redes.....	14
Interoperabilidad de dispositivos	15
Frameworks para computación espacial	15
Sistemas de tracking	16
Interoperabilidad entre mundos virtuales.....	17
Ciberseguridad y privacidad de datos.....	18
Identidad digital	18
4. Competencias Digitales y Trabajo del Futuro.....	20
5. Accesibilidad, sostenibilidad medioambiental, ética y gobernanza.....	22
Accesibilidad	22
Sostenibilidad medioambiental	23
Ética.....	23
Gobernanza	24
Sobre AMETIC.....	26
Agradecimientos	26

1. Introducción: Definición y Taxonomía

Taxonomía

Las definiciones del metaverso divergen significativamente dado que es una realidad incipiente. El metaverso parece ser cualquier cosa con la que sueñan los usuarios (una plataforma de juegos, un destino virtual de compras, una herramienta de entrenamiento, un canal de publicidad, un aula digital, una nueva forma de experiencia digital), por lo que es difícil encontrar una definición unificada. Una referencia conceptual y aunada sobre el Metaverso¹ es la de que representa un universo más allá de la realidad, donde las fronteras entre lo físico y lo digital se funden sin fisuras. Existe como un entorno multiusuario continuo y duradero, facilitado por la convergencia de tecnologías que permiten interacciones inmersivas con entornos virtuales como como la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA), las entidades digitales y trabajadores. Además, la transversalidad del concepto hace que cada ecosistema económico tenga su propia definición.

Para el World Economic Forum², el metaverso es un entorno futuro persistente e interconectado donde los elementos sociales y económicos reflejan la realidad. Los usuarios pueden interactuar con dicho entorno y con otros usuarios de forma simultánea, utilizando dispositivos y tecnologías inmersivas que se combinan con elementos y propiedades digitales. Por otro lado, la Comisión Europea ha definido el metaverso como un conjunto de universos virtuales, en los que las personas pueden trabajar de una forma segura con respecto a la maquinaria pesada o socializando con amigos. En este contexto, hace hincapié en los valores europeos para la adopción de la tecnología, incluyendo la igualdad, la no-discriminación y la inclusión³.

Otro conjunto de definiciones proviene de diferentes organizaciones relacionadas con la comunidad de desarrollo. Así, la Open Metaverse Foundation⁴, una comunidad abierta dedicada a la creación de estándares abiertos y software que apoye el metaverso abierto, global y escalable, dispone de un glosario donde recoge diferentes acepciones ya mencionadas del concepto de metaverso. En este sentido, también se debe mencionar la OMA3, una colaboración entre creadores de plataformas Web3 para el metaverso, cuyo objetivo es garantizar que los activos digitales, entornos, ideas y servicios sean interoperables entre plataformas⁵.

Finalmente, algunas empresas han definido recientemente el metaverso como un conjunto de espacios digitales, incluyendo experiencias 3D inmersivas interconectadas, que permite que las personas aparezcan representadas por avatares en un entorno digital donde pueden conectarse, socializar, trabajar y explorar escenarios o espacios inmersivos 3D junto a otras personas que no están presentes físicamente⁶. Adicionalmente, también se ha definido el metaverso como la evolución de Internet que permite que el usuario pase del concepto de búsqueda al de pertenencia a una

¹ <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>

² <https://initiatives.weforum.org/defining-and-building-the-metaverse/home>

³ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/extended-reality>

⁴ <https://www.openmv.org/glossary/metaverse/>

⁵ <https://www.oma3.org/#about>

⁶ <https://www.facebook.com/business/news/let-me-explain-episode-metaverse>

experiencia persistente y compartida dentro de un espectro continuo entre el mundo real y el mundo virtual⁷.

Existen otras definiciones que incluyen matices en la caracterización del metaverso como un espacio que puede proporcionar nuevas experiencias sensoriales gracias a la provisión de feedback háptico, sensorial y cognitivo, y mejorar la experiencia 2D de los dispositivos electrónicos actuales. Tampoco se puede olvidar la irrupción del nuevo concepto de computación espacial (spatial computing) acuñado por Apple⁸ en el lanzamiento de su nuevo dispositivo de visualización para experiencias interactivas.

Tal y como muestran estas definiciones, el metaverso integra diferentes tecnologías para generar experiencias inmersivas y establecer conexiones entre los mundos físicos y virtuales. Esta convergencia también está ocurriendo en el ámbito industrial, ya que el metaverso encapsula un conjunto de componentes tecnológicos críticos que están cambiando el ecosistema industrial.

Tecnologías más representativas

La infraestructura necesaria para ejecutar el metaverso ha tenido un rápido desarrollo y a continuación, se presentan algunas de las tecnologías más representativas para el futuro desarrollo y adopción del metaverso.

- Realidad Extendida (XR). La XR (incluyendo Realidad Virtual, Aumentada y Mixta) da forma al metaverso, de modo que permite una interacción inmersiva y con sentido, y aumenta el mundo físico independientemente de la localización del usuario. Aunque se espera que el mercado de la XR sobrepase los 250 billones de dólares en el año 2028, son necesarios todavía muchos avances en el hardware en términos de coste y usabilidad para conseguir una adopción masiva.
- Inteligencia Artificial (IA). La IA permitirá dotar de inteligencia y conversación a las aplicaciones, así como una mayor capacidad de procesamiento de grandes volúmenes de datos. Se tratará de un elemento fundamental como motor del metaverso y se espera que el gasto en IA supere los 300 billones de dólares para el año 2026.
- Edge Computing. El cloud jugará un papel fundamental en el almacenamiento y computación para las plataformas del metaverso, ya que permitirá la escalabilidad y elasticidad requeridas para ejecutar las aplicaciones inmersivas intensivas en datos.
- 5G (6G). Las redes de comunicación de baja latencia serán cruciales para proporcionar la capacidad de ancho de banda y las transmisiones de baja latencia requeridas para gestionar dispositivos conectados que procesen datos, incluyendo dispositivos VR o bots basados en IA que permitirán nuevas experiencias para los usuarios. Igualmente, el desarrollo completo de las redes 5G es crítico para facilitar el Edge Computing.
- Dispositivos. Los dispositivos AR/VR están alcanzando su madurez rápidamente. Así, Meta ha vendido unos 10 millones de Oculus Quest en 2021,⁹ Apple acaba de anunciar el lanzamiento de Apple Vision Pro y otras empresas

⁷ <https://www.accenture.com/us-en/blogs/accenture-research/want-to-demystify-the-metaverse-hype-think-of-it-as-an-internet-evolution#:~:text=Accenture%20defines%20the%20metaverse%20as,entirely%20virtual%20and%20in%2Dbetween>

⁸ <https://www.apple.com/newsroom/2023/06/introducing-apple-vision-pro/>

⁹ <https://www.theverge.com/2023/2/28/23619730/meta-vr-oculus-ar-glasses-smartwatch-plans>

están desarrollando guantes y trajes con feedback háptico. Todo ello, motivará una adopción mayor a corto plazo.

- Blockchain y tecnologías web3. Proporciona una alternativa para la gestión de la identidad de las personas y transaccionar el valor en los mundos físicos y virtuales. Se espera que esta tecnología tenga una tasa compuesta de crecimiento anual cercana al 86% hasta el año 2030. El blockchain permite la unicidad, exclusividad y propiedad de los bienes y servicios físicos y virtuales.

2. Impacto y Ámbitos de aplicación del Metaverso

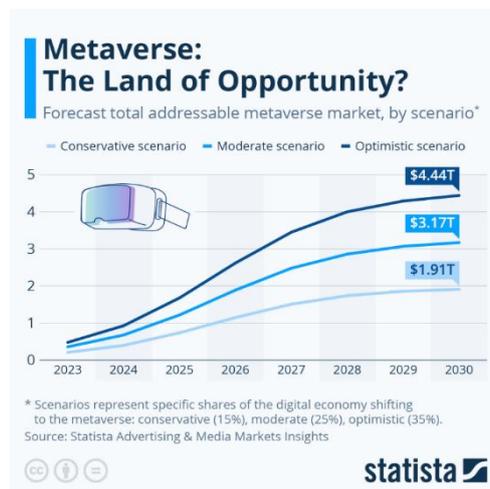
Impacto y oportunidad

Aunque la inversión en tecnología no garantice necesariamente su éxito, puede dar una visión de hasta qué punto las compañías y organizaciones han evaluado una oportunidad y han concluido que merece la pena apostar por ella. Así, según un informe de McKinsey¹⁰, se han invertido más de 120.000 M de dólares en el metaverso durante el primer semestre de 2022, duplicando la inversión de todo el año 2021. A modo de comparación, puede afirmarse que estas cifras son significativamente mayores que las apuestas iniciales para la Inteligencia Artificial.

Las empresas de venture capital y private-equity invirtieron más de 13.000 M de dólares en el metaverso, destacando tres categorías principales de inversores en el metaverso. En primer lugar, grandes empresas como Meta, Microsoft, Nvidia, Apple y Alphabet entre otras, están avanzando en la configuración del metaverso. En segundo lugar, el venture capital está invirtiendo intensivamente en el espacio como los marketplaces NFT. Finalmente, las corporaciones y marcas no directamente tecnológicas están desarrollando estrategias para no quedarse atrás, como la inversión de LEGO en Epic Games, o la colaboración de Epic Games con Balenciaga.

Además, en este ámbito, el hardware que puede transportarnos de una manera inmersiva se está extendiendo más allá de los sectores profesionales, accediendo poco a poco de forma masiva al sector doméstico. Las cifras de ventas de Meta lo atestiguan con 20 millones de sus dispositivos Quest¹¹ vendidos, aproximando a las casas este tipo de tecnología.

En relación con la oportunidad, Statista sugiere que un 15% de la economía digital ya ha pasado al metaverso, que llegará a unos 700 millones de personas al final de la década. La tabla adjunta muestra diferentes escenarios para el crecimiento del mercado del metaverso hasta el año 2030.



¹⁰

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/marketing%20and%20sales/our%20insights/value%20creation%20in%20the%20metaverse/Value-creation-in-the-metaverse.pdf>

¹¹ <https://www.theverge.com/2023/2/28/23619730/meta-vr-oculus-ar-glasses-smartwatch-plans>

Ámbitos de aplicación

Los casos de uso actuales del metaverso pueden clasificarse en tres grandes categorías: industria, empresa y consumidor. En primer lugar, el metaverso de la industria utiliza el Gemelo Digital y la Realidad Aumentada para múltiples procesos en sectores como la logística, la salud o la industria manufacturera. Por ejemplo, el metaverso cambiará la configuración de un quirófano, permitiendo un guiado quirúrgico en 3D que aumentará la precisión. En el sector portuario, los gemelos digitales permitirán aumentar la eficiencia, reducir los costes operativos y las emisiones.

En segundo lugar, el metaverso de la empresa incluye aplicaciones relacionadas con los empleados. Así, empresas como Accenture¹² entregan a sus empleados un casco con experiencias, orientación y entrenamiento virtuales en el proceso de onboarding en la compañía. Incluso se han digitalizado diferentes oficinas a nivel mundial, ya que el sentimiento de presencia es un elemento fundamental para el usuario. Este metaverso combinado con técnicas de gamificación puede ayudar en la contratación de profesionales en sectores como la construcción o la ingeniería civil.

Finalmente, el metaverso del consumidor está liderado por empresas de retail como Nike o Gucci. Estas empresas están experimentando con experiencias inmersivas de compra, en las que los consumidores pueden comprar los productos en casa o en los propios almacenes. Algunas como Sephora, están albergando festivales de belleza inmersivos, con clases magistrales en diferentes salas y recuerdos conmemorativos del evento. Ahora bien, este metaverso del consumidor también incluye los sectores de media y entretenimiento, inmobiliario e incluso la banca.

A continuación, se presentan algunos casos de uso para las tres categorías propuestas.

Metaverso de la industria

Simulación de procesos

En la actualidad, se está observando un rápido crecimiento del metaverso en el sector industrial, principalmente empujado por la aplicación del concepto de gemelo digital. El metaverso empodera a las empresas en el cambio de sus actividades intensivas en tiempo y recursos hacia un mundo híbrido o totalmente virtual.

Así, tareas como el prototipado y el testeado se vuelven más flexibles y accesibles en formato digital, de modo que las empresas puedan iterar, experimentar y validar los resultados de sus procesos. Además, las simulaciones en el metaverso industrial permiten evaluar diferentes configuraciones de las plantas de producción para definir de forma precisa todos los elementos antes de su construcción real. Los activos físicos se pueden modelizar como gemelos digitales, de modo que cada factoría y su cadena de suministro asociada tienen su réplica en el mundo virtual. Estos Gemelos Digitales se enriquecen con datos internos provenientes de los proveedores, previsiones de ventas o información sobre calidad; combinados con información externa como el tiempo o el tráfico, para predecir potenciales escenarios sobre la base de algoritmos de IA.

Formación y entrenamiento

La Realidad Virtual es una tecnología con un gran potencial para el entrenamiento, la seguridad y la innovación en diferentes sectores industriales, ya que su capacidad de

¹² <https://www.forbes.com/sites/charliefink/2021/10/21/this-week-in-xr-the-quest-turns-two-accenture-buys-60000-for-training/?sh=192024e0558a>

simulación de diferentes situaciones ofrece un gran potencial para la formación, el entrenamiento y el desarrollo personal y profesional de las personas.

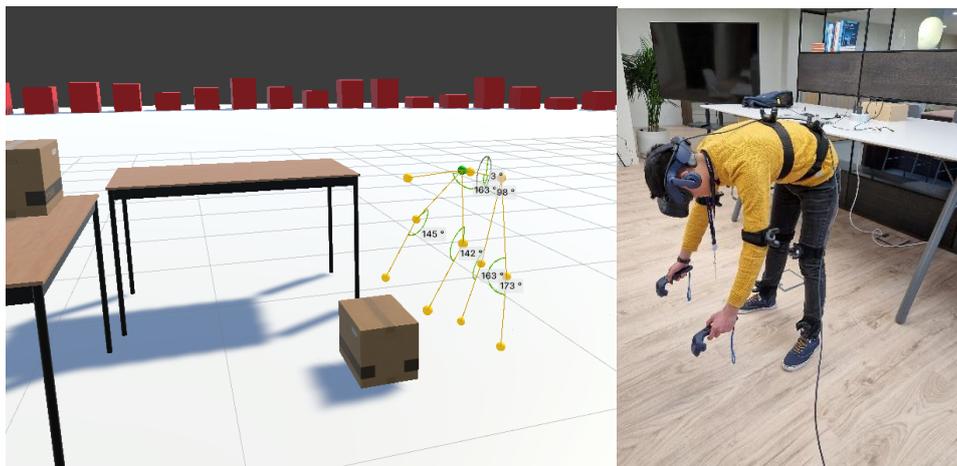
En primer lugar, dada su capacidad de simular cualquier entorno, objeto o situación, resulta una herramienta muy útil para entrenar a las personas en el manejo de maquinaria compleja y peligrosa de una manera segura, evitando así posibles accidentes que podrían poner en riesgo la vida de los trabajadores. En segundo lugar, la Realidad Virtual permite a las empresas asegurar que sus inversiones no se vean dañadas por un mal uso. Gracias a la simulación de situaciones imposibles de recrear en un entorno real sin consecuencias desastrosas, las empresas pueden capacitar a sus personas para manejar situaciones críticas protegiendo sus inversiones. Finalmente, la Realidad Virtual ofrece una plataforma para el desarrollo de ideas y proyectos en un entorno virtual seguro y controlado, lo que impulsa el desarrollo de la creatividad y la innovación.



Entrenamiento de sistema de esterilización en Realidad Virtual, empresa Boehringer. Desarrollado por Inetum France

Prevención de riesgos laborales

La utilización de sensores permite conectar los mundos real y virtual, de modo que se pueden rastrear objetos y personas en el mundo real, y generar diferentes apariencias en el espacio virtual, manteniendo la posición, tamaño y orientación sincronizados con el espacio real. Así, es posible crear experiencias de entrenamiento en prevención de riesgos laborales gracias a la colocación de sensores en el cuerpo del trabajador, de modo que se pueden analizar sus movimientos en tiempo real y proporcionar feedback sobre la forma correcta de realizarlos, identificando las desviaciones entre el movimiento real y el movimiento ideal. De forma similar, la sensorización de diferentes elementos físicos como cajas, permitirá un entrenamiento más realista para el trabajador, ya que podrá interactuar con elementos reales que estarán relacionados con el mundo virtual.



Derecha: Usuario equipado con sensores. Izquierda: representación virtual de la postura del usuario, incluyendo ángulos de sus articulaciones. Imagen propiedad de Inetum España, obtenida en abril del 2023 durante el desarrollo del proyecto de entrenamiento de prevención de riesgos laborales en entornos de Realidad Virtual

Metaverso de la empresa

Onboarding y alineamiento cultural

Pese a todas las ventajas del teletrabajo y del trabajo híbrido, existen retos como el onboarding de nuevas personas y el mantenimiento de la cultura de la empresa en un entorno físicamente distribuido. El metaverso permite resolver estos retos sin forzar una vuelta al trabajo mayoritariamente presencial. Las personas que se unen a la organización pueden tener su bienvenida en el metaverso de forma muy realista, familiarizándose con las instalaciones y los procesos de la organización, de forma que se simplifique el proceso de entrada en la organización.

El team building es una preocupación en muchas corporaciones, y también la posibilidad de gamificar procesos para aumentar su impacto en las organizaciones. La irrupción de los entornos inmersivos permite mucha mayor flexibilidad en la creación de este tipo de experiencias, así como podría incrementar el engagement entre usuarios, entre éstos y las organizaciones y con los objetivos.

Reuniones de negocio inmersivas

El trabajo en remoto se ha convertido en una tendencia, por lo que se han generalizado las reuniones virtuales sobre plataformas como Zoom, Meet o Teams. Sin embargo, muchas veces no se puede interactuar con el resto de los participantes, hay que hablar por turnos y existen múltiples distracciones. El metaverso permite organizar reuniones de trabajo en un entorno inmersivo, en el que los participantes se sienten más a gusto y pueden colaborar mejor. Actualmente, existen soluciones de bajo coste y configurables, que permiten que incluso las empresas de tamaño mediano y pequeño se puedan beneficiar de la tecnología.

Además, existen ya aplicaciones disponibles en el mercado que permiten la creación de presentaciones o reuniones inmersivas mucho más atractivas que las plataformas de videoconferencia mencionadas. Estas aplicaciones permiten integrar presentadores y audiencia en entornos virtuales, incluir presentaciones en PowerPoint o incluso añadir otros medios como imágenes, vídeos u objetos 3D, entre otros. La capacidad de coreografiar vistas de cámara permite ir mucho más allá que la simple visualización de los participantes. En un futuro, el uso de avatares virtuales podría sustituir o complementar a las personas reales en este tipo de aplicaciones.

Las posibilidades de esta tecnología en el entorno empresarial van mucho más allá de la reunión de negocio, permitiendo expandirse a eventos corporativos, presentaciones de marketing entre empresas, juntas de accionistas y muchos otros.

Evaluación de competencias

La evaluación de competencias está adquiriendo cada vez más relevancia dada la alta demanda de profesionales con ciertas habilidades (soft skills) en todos los departamentos de las empresas. En algunos casos, las actuales herramientas de medición de competencias se basan en medidas explícitas como cuestionarios y entrevistas que los trabajadores responden de manera consciente. El metaverso permite el desarrollo de entornos virtuales que simulan situaciones socialmente complejas, de modo que el profesional puede estar inmerso en procesos de toma de decisiones ante diferentes estímulos, que determinarán sus competencias más destacadas. La interacción permitirá recopilar datos comportamentales y psicofisiológicos como base para la aplicación de algoritmos de Inteligencia Artificial que transformen esos datos en evaluación de competencias. De esta manera, es posible identificar las competencias a mejorar, de modo que se puedan entrenar de forma personalizada y controlada en el metaverso.

Metaverso del consumidor

Retail

El metaverso tiene el potencial de transformar la industria del retail gracias a la creación de experiencias de compra interactivas e inmersivas para los clientes. Una de las principales ventajas frente a la tienda física es la posibilidad de diseñar, evaluar y optimizar nuevos layouts y formas de exhibición de los productos en un entorno virtual antes de implementarlos en la tienda física, mejorando el proceso para lograr la máxima eficiencia y satisfacción del cliente. Este proceso se podrá extender al desarrollo de nuevos productos, de modo que estén accesibles para los consumidores y se pueda ver la demanda antes de su producción física.

Por otra parte, el metaverso permitirá el desarrollo de espacios retail adaptativos en respuesta a los comentarios de los clientes o cambios en las tendencias del mercado. Además, el metaverso se puede utilizar para recopilar datos sobre el comportamiento y las preferencias de los clientes, y utilizar dichos datos para personalizar en tiempo real la experiencia de compra, identificar tendencias y tomar decisiones informadas sobre la forma de adaptación de la tienda para satisfacer mejor las necesidades de sus clientes y mejorar la experiencia de usuario.

Turismo

El metaverso supone una gran oportunidad de innovación tanto para los turistas como para el ecosistema turístico. En primer lugar, el metaverso influirá en el ciclo del turista. Dado que el metaverso soporta experiencias interactivas inmersivas, los turistas pueden experimentar los destinos y sus facilidades de forma virtual antes del viaje. La navegación a través de un gemelo digital de un destino, un alojamiento o un recurso cultural empodera a los viajeros para seleccionar los recursos que más se ajustan a sus deseos y necesidades a partir de una idea más clara de lo que pueden encontrar en un destino concreto. La posibilidad de visualizar de forma real las experiencias reducirá su ansiedad de viaje.

En segundo lugar, el metaverso afectará a todo el ecosistema turístico, ya que los destinos y los proveedores de servicios (alojamientos, hostelería, touroperadores, medios de movilidad, agencias receptoras) podrán mostrar sus atractivos en el mundo

virtual. Así, los destinos pueden utilizar el metaverso para incrementar su sostenibilidad, promoviendo atracciones con flujos de visitantes más bajos, o bien establecer tiendas virtuales para vender entradas y tours antes de la llegada de los turistas. Por otro lado, la hostelería podrá añadir elementos educativos sobre la gastronomía, de modo que anime a los turistas a conocer platos locales y métodos tradicionales de cocina en cada destino. Igualmente, la combinación de inspirar a comprar y la mejora de la experiencia de usuario potenciará el proceso de reserva de los alojamientos y por tanto aumentará la capacidad para aumentar los volúmenes de reservas exitosas. Finalmente, las agencias de viajes que podrán utilizar recorridos de Realidad Virtual para ofrecer a los clientes experiencias reales de un lugar al que desean viajar.

Salud mental

El metaverso se está convirtiendo en una herramienta cada vez más popular en el campo de la salud mental, ya que se ha demostrado su ayuda en la prevención, tratamiento y rehabilitación de trastornos mentales como la ansiedad, el estrés postraumático, la fobia social y la depresión. Una de las ventajas es su capacidad para recrear situaciones en un ambiente seguro y controlado, lo que permite a los pacientes enfrentar y superar sus miedos y ansiedades en dicho entorno. Por ejemplo, un paciente con fobia a volar puede ser expuesto a una simulación de vuelo mientras está en un ambiente seguro y controlado, lo que le permite enfrentar su miedo de manera gradual y segura.

Asimismo, se está analizando la viabilidad de utilizar el metaverso para la obtención de biomarcadores de salud mental, ya que permite medir variables fisiológicas y de comportamiento para evaluar el estado de salud mental de un individuo y detectar cambios sutiles en el comportamiento y la fisiología, que pueden ser indicativos de la presencia o el riesgo de trastornos mentales. Adicionalmente, estos biomarcadores también pueden utilizarse para personalizar el tratamiento y seguimiento de los pacientes, de modo que se identifiquen patrones únicos para identificar y ajustar los tratamientos y la dosificación para un mejor resultado.

También en salud mental se podrían incluir aplicaciones de relajación/mindfulness. La posibilidad de integrar al usuario de forma inmersiva en un entorno específicamente pensado para la relajación aumenta significativamente los efectos de estas técnicas. Pasar de una experiencia auditiva a un entorno inmersivo tiene un impacto real en el usuario, permitiendo maximizar los efectos de estas técnicas.

3. Technological Readiness

La inmersión, la interacción social o la identidad son algunos de los componentes clave del metaverso, que se consiguen mediante una interconexión de tecnologías, capacidades y comportamiento de las personas. Aunque todavía se encuentra en una fase de definición, el metaverso se puede clasificar según un conjunto de componentes clave; plataformas de desarrollo, contenidos y experiencias, infraestructura y hardware, y habilitadores.

Plataformas de desarrollo

Se trata de un conjunto de herramientas y plataformas para construir las experiencias por parte de los desarrolladores e incluso los propios usuarios. Generalmente, estas plataformas son interoperables, inmersivas e interactivas. Durante los últimos años, han aparecido diferentes plataformas, algunas de las cuales se describen a continuación.

- Decentraland¹³ (MANA)

Es una plataforma de Realidad Virtual que utiliza la tecnología blockchain Ethereum para crear un mundo online descentralizado e inmersivo. Los usuarios disponen de un catálogo de herramientas creativas junto con SDKs de desarrollo, de modo que pueden crear modelos 3D, scripts para comportamientos y experiencias interactivas, y monetizar sus propios contenidos, así como comprar y vender propiedades inmobiliarias y elementos virtuales como NFTs utilizando las criptomonedas MANA gracias a la tecnología blockchain. Finalmente, los usuarios pueden interactuar entre ellos en tiempo real gracias a las capacidades de comunicación descentralizada de la plataforma, incluyendo un chat por voz y mensajería instantánea.

- The Sandbox¹⁴ (SAND)

Esta plataforma permite que los usuarios creen y moneticen sus propios mundos y experiencias virtuales 3D utilizando NFTs sobre blockchain Ethereum. Los usuarios pueden comprar, vender y comerciar con propiedades inmobiliarias de una forma transparente y segura, sin la necesidad de una autoridad central. Uno de sus elementos más representativos es VoxEdit, un programa gratuito de modelización de voxels 3D, que permite crear cualquier tipo de elemento, como edificios o animales, que se puede estructurar como NFT y vender en el marketplace.

- Roblox

Es una plataforma global de juegos online pionera en el desarrollo de experiencias en el metaverso. Los usuarios pueden crear y compartir sus propios juegos y experiencias, programar juegos ellos mismos y jugar con ellos contra otros usuarios. La mayoría de sus juegos están orientados a los niños.

- Intract

Intract es una plataforma centrada en la Realidad Virtual compatible con una amplia gama de dispositivos (gafas RV, visores adaptados para móviles y PC domésticos u oficina) sin necesidad de una tarjeta gráfica de alto rendimiento, aunque también permite la Realidad Aumentada mediante el protocolo UMI3D de código abierto. Los usuarios pueden crear, compartir y ejecutar sus propias experiencias en la nube. La plataforma consta de dos componentes principales: Sketcher, un software para la creación y edición

¹³ <https://decentraland.org/>

¹⁴ <https://www.sandbox.game/en/>

de escenarios de manera local escenarios desde cero o utilizar plantillas predefinidas a las que se les puede añadir elementos 3D y funcionalidades sin necesidad de conocimientos técnicos, y Factory, una aplicación Web para su ejecución. Finalmente, el kit de desarrollo (SDK) de IntraVerse es totalmente abierto, lo que permite a los usuarios desarrollar cualquier tipo de interacción que no esté incluida en los scripts ofrecidos por defecto.

Formatos de contenido 3D

Los formatos de contenido 3D han evolucionado significativamente gracias a las nuevas tecnologías emergentes para capturar y renderizar mejor los objetos 3D complejos. Uno de los formatos abiertos más recientes es glTF¹⁵, adoptado extensamente como una forma simplificada y eficiente de almacenar y compartir modelos 3D. Otro formato abierto es USD (Universal Scene Description), desarrollado por Pixar Animation Studios¹⁶ para el intercambio de datos 3D entre varias aplicaciones de software. Estos formatos abiertos permiten tanto la interoperabilidad como la colaboración entre artistas y estudios que trabajan en diferentes partes del mismo proyecto, lo que facilita la gestión de producciones a gran escala. Además de estos formatos abiertos, existen otros formatos populares de contenido 3D como el formato OBJ para modelos 3D estáticos, compatible con muchas aplicaciones de software de modelado 3D.

Por otro lado, los formatos patentados de motores de renderización 3D como Unity y Unreal Engine ofrecen posibilidades avanzadas de sombreado e iluminación, lo que permite una mayor calidad visual. Su principal limitación es su compatibilidad únicamente con aplicaciones creadas con el mismo motor de juegos. FBX¹⁷ es otro formato patentado desarrollado por Autodesk, utilizado para el intercambio de activos 3D entre diferentes aplicaciones de software, incluidos los motores de juegos.

En el caso de los formatos orientados a contenidos 3D de páginas Web, el estándar X3D¹⁸ permite la creación de gráficos interactivos en Internet para diferentes aplicaciones, desde visualización científica hasta museos virtuales

Por último, el formato Humanoid Animation (H-Anim)¹⁹, apoyado por el consorcio Web3D, proporciona una estructura de datos estándar para la animación de avatares, lo que facilita la creación de animaciones que funcionan con cualquier proveedor. Este estándar garantiza la interoperabilidad entre diferentes sistemas de avatares, lo cual es fundamental para crear experiencias perfectas en diferentes plataformas.

En general, la elección de formatos de contenido 3D dependerá de las necesidades específicas de un proyecto o aplicación determinados. Mientras que los formatos abiertos como glTF y USD ofrecen interoperabilidad, los formatos patentados de motores de juegos como Unity y Unreal Engine incorporan funciones avanzadas para la representación en tiempo real. Los estándares como H-Anim garantizan la coherencia y la compatibilidad entre diferentes sistemas de avatares.

Motores gráficos 3D

Los motores gráficos permiten generar y gestionar diferentes aspectos clave a la hora de crear experiencias inmersivas y atractivas de muy alta calidad gracias a una serie de

¹⁵ glTF. Retrieved from <https://www.khronos.org/glTF/>

¹⁶ Universal Scene Description. Retrieved from <https://graphics.pixar.com/usd/docs/index.html>

¹⁷ FBX. Retrieved from <https://www.autodesk.com/products/fbx/overview>

¹⁸ X3D. Retrieved from <https://www.web3d.org/x3d/>

¹⁹ H-Anim: The Humanoid Animation Specification. Retrieved from <https://www.web3d.org/documents/specifications/19774/V2.0/HAnim/>

funcionalidades y herramientas predefinidas que reducen la necesidad de desarrollar soluciones desde cero. Aunque dependerán de cada motor, sus capacidades más relevantes son las siguientes:

- Gestión de archivos multimedia (audio, video, imágenes, texturas), con múltiples funcionalidades predefinidas.
- Interfaces gráficas para facilitar la programación de animaciones y movimientos de los avatares y objetos en la escena en función de las interacciones del usuario o eventos que suceden en escena.
- Conexión con entornos de desarrollo integrado (IDE) para facilitar la programación y depuración de las experiencias.
- Disponibilidad de bibliotecas para la reutilización de contenidos generados por otros usuarios (desde modelos 3D hasta PlugIns para añadir funcionalidades complejas), así como comunidades con participación activa para la evolución de los motores.
- Efectos visuales, iluminación y gráficos avanzados incluidos por defecto en las plantillas o entre los assets gratuitos disponibles para descargar de la biblioteca, que permiten mejorar fácilmente la calidad y realismo de las experiencias.
- Acceso sencillo a sistemas de físicas y simulación para incrementar el grado de realismo y dinamismo.
- Compilación multiplataforma que permite diferentes grados de uso de recursos en función de la calidad y compilación para diferentes sistemas operativos, de modo que se puede ofrecer la misma experiencia a diferentes plataformas (múltiples dispositivos de diferentes sistemas operativos y potencias).

Por todo ello, los motores gráficos desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del metaverso al ofrecer herramientas poderosas para la generación de experiencias de calidad de manera sencilla.

Redes

En general, las necesidades del metaverso no se satisfacen con una configuración única y homogénea de acceso a las redes como ocurre en la actualidad, sino que las redes de telecomunicaciones deberán autoconfigurarse para satisfacer los requerimientos dinámicos del metaverso, dando lugar a las llamadas Metaverse Ready Networks. Esta nueva aproximación explora la capacidad de programación de las tecnologías actuales de acceso a la red, como las capacidades de las redes 5G y sus network slices para proporcionar diferentes calidades sobre la misma red móvil, mejoras sobre las redes de fibra, nuevas versiones de WIFI y servicios EDGE, todas ellas combinadas para satisfacer las demandas de calidad del metaverso.

Algunos de los servicios más demandantes o aquellos que tienen un campo de aplicación más crítico deberán incorporar las capacidades necesarias de acceso a redes para su correcto funcionamiento en sus diseños. Por ello, se ha definido el concepto de API-ficación de la red para poder incorporar la red de telecomunicaciones de una forma sencilla en el proceso de desarrollo de un servicio del metaverso.

La API-ficación de la red consiste en la adición de una capa de abstracción a las redes de acceso, que permitirá la integración de las funciones de red en las plataformas de desarrollo de servicios de metaverso, de forma sencilla para los desarrolladores. Mediante esta interfaz, se podrán requerir un comportamiento específico de la red de forma similar a otros recursos hardware o software, facilitando su integración en el flujo natural de trabajo. Por todo ello, las redes de telecomunicaciones deberán evolucionar

para convertirse en otra plataforma abierta en el ecosistema del metaverso bajo un modelo de Network-as-a-Service (NaaS).

Interoperabilidad de dispositivos

La interoperabilidad es una característica crucial de la Realidad Extendida (XR), ya que permite a los usuarios experimentar el contenido en diferentes dispositivos y plataformas. Por ello, han aparecido diferentes estándares y soluciones que buscan proporcionar una experiencia uniforme a través de cualquier tipo de dispositivo.

Uno de los estándares más extendidos para dispositivos de Realidad Virtual conectados a un PC es OpenVR²⁰, desarrollado por Valve Corporation, que ofrece una API común para acceder a diferentes dispositivos de Realidad Virtual, lo que facilita la creación de contenido compatible con diferentes dispositivos.

Otro estándar representativo es Open XR²¹, desarrollado por Khronos Group, cuyo objetivo es crear una API unificada para todos los dispositivos XR, incluidos VR, AR y MR. Con una API común, los desarrolladores pueden crear contenido que funcione en múltiples plataformas XR, lo que aumenta la interoperabilidad y la accesibilidad del contenido.

WebXR es otro estándar importante que permite acceder al contenido de XR a través de un navegador Web sin necesidad de software o complementos adicionales. Este estándar es especialmente útil para aquellos que no tienen acceso a dispositivos XR de alta gama, ya que pueden experimentar el contenido a través de un navegador Web en cualquier dispositivo.

Por último, UMI3D²² es una solución más novedosa que proporciona un estándar para la colaboración remota en XR. De esta forma, los usuarios pueden compartir experiencias inmersivas interactivas alojadas en el servidor desde los dispositivos principales (PC, teléfonos inteligentes, auriculares VR), lo que aumenta la colaboración y la accesibilidad del contenido de XR.

Frameworks para computación espacial

La computación espacial es una tecnología que permite la interacción entre los mundos real y virtual, de modo que los usuarios puedan interactuar con el contenido digital en un contexto espacial. Para ello, se han desarrollado diferentes estándares y frameworks que permiten anclar contenido digital en ubicaciones del mundo real para la creación de experiencias de Realidad Aumentada (RA) persistentes y compartidas.

Dos de los frameworks más populares para la implementación de aplicación de RA son ARCore²³ de Google y ARKit²⁴ de Apple, que proporcionan una plataforma común para desarrollar aplicaciones en dispositivos Android e iOS, respectivamente, y permitir tener capacidades de interactuar con los espacios físicos, mediante la detección de los mismos. Además, existen soluciones patentadas, como Azure Spatial Anchors²⁵ de Microsoft y Spatial Anchor Service²⁶ de Meta, para experiencias colaborativas que

²⁰ OpenVR <https://github.com/ValveSoftware/openvr>

²¹ Open XR <https://www.khronos.org/openxr/>

²² UMI3D <https://umi3d.github.io/>

²³ ARCore <https://developers.google.com/ar>

²⁴ ARKit <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>

²⁵ Azure Spatial Anchors <https://azure.microsoft.com/en-us/services/spatial-anchors/>

²⁶ Spatial Anchor Service [Build Local Multiplayer Experiences With Shared Spatial Anchors on Meta Quest \(oculus.com\)](https://www.oculus.com/developers/spatial-anchors/build-local-multiplayer-experiences-with-shared-spatial-anchors-on-meta-quest/)

requieren que varios usuarios vean y interactúen con el mismo contenido digital en un contexto espacial.

Por otro lado, los frameworks de código abierto, como Solar Framework²⁷, proporcionan un enfoque modular e independiente de la plataforma para la computación espacial, con soporte para una amplia gama de dispositivos y sistemas operativos. De forma similar, GeoPose²⁸ es un estándar desarrollado por Open Geospatial Consortium (OGC) que describe la posición y orientación de los objetos en el mundo real, lo que permite la interoperabilidad entre diferentes plataformas y dispositivos, permitiendo la creación de aplicaciones de AR para diferentes dispositivos y sistemas operativos sin tener que reescribir todo el código.

La voz espacial está redefiniendo la inmersión en el metaverso, añadiendo una dimensión de sonido tridimensional a la experiencia. Esta innovación permite que los sonidos se perciban desde distintas direcciones y distancias, imitando la forma en que escuchamos en el mundo real. Esto intensifica la sensación de presencia en el metaverso y permite interacciones más naturales y realistas.

Sistemas de tracking

Esta sección presenta un resumen de tecnologías que pueden utilizarse para el seguimiento de personas y objetos en los mundos real y virtual.

- Tracking de cámara óptica (fotogrametría) basada en imágenes para calcular diferencias a nivel de pixel que permitan determinar la posición y el movimiento de objetos. Suele requerir mayor potencia de cómputo que el LiDAR, aunque con un precio más económico.
- LiDAR para generar directamente representaciones 3D mediante la emisión y recepción de lasers. Requiere menos potencia de cálculo que la fotogrametría y, además, ofrece una precisión mayor ya que el resultado no depende de la representación en píxeles.
- Infrarrojo o luz estructurada basada en la emisión de una luz para identificar la geometría sobre la que colisiona y que se captura mediante una cámara. Tiene una resolución y coste menores-
- SLAM como método de posicionamiento basado en una o varias entradas de datos (sensores de movimiento, giroscopios, cámaras etc...) en tiempo real para determinar el movimiento relativo del emisor. Es muy efectivo en distancias cortas, pero muestra errores incrementales en función del espacio recorrido.

Estas tecnologías han generado funcionalidades como el seguimiento de las coordenadas y postura del usuario, la interpretación de las interacciones que realiza y el análisis de su comportamiento. A continuación, se presentan algunas de estas funcionalidades más destacadas.

- Tracking de los elementos físicos en el espacio virtual para situar su posición y orientación. Por defecto, esta funcionalidad está integrada en los equipos de Realidad Virtual (casco y controladores) para situar la cabeza y manos de los usuarios en el espacio virtual. Con el tiempo, han surgido nuevos dispositivos (trackers) que permiten situar cualquier objeto como los trackers 2.0 de HTC.
- Tracking de las manos del usuario (hand tracking) para la captura de su posición, profundidad, ángulos y orientación en tiempo real. La información capturada se

²⁷ Solar Framework. [SolAR \(solarframework.github.io\)](https://solarframework.github.io)

²⁸ GeoPose. <https://www.ogc.org/standards/geopose>

procesa y transforma en manos virtuales para que el usuario interactúe con el mundo virtual sin necesidad de hardware o periféricos (controladores/joysticks).

- Seguimiento y captura del movimiento de los ojos del usuario (eye tracking) gracias a un sistema de cámaras situado (en algunos casos integrado) en el propio visor de Realidad Virtual para calcular la dirección de la mirada del usuario y el tiempo dedicado. Permite evaluar contracciones y dilataciones de pupila, ofreciendo características estadísticas muy interesantes. Por ejemplo, VIVE Focus 3 Eye Tracker.
- Captura de las expresiones faciales (face tracking) que permite mejorar la presencia social de un personaje y que parezca más natural durante las interacciones virtuales con otros usuarios. La API²⁹ de Meta de seguimiento facial convierte los movimientos faciales detectados por los sensores de los auriculares en activaciones de expresiones (por ejemplo, caída de la mandíbula, arruga de la nariz) que se basan en el Sistema de codificación de acciones faciales (FACS).

Por último, cabe mencionar que los cascos de Realidad Virtual constan de dos modos de trackeo. En primer lugar, el sistema inside-out, utilizado para los cascos “stand alone”, o de cómputo integrado (no requieren PC extra), se integra dentro del casco, desde el que se realiza un posicionamiento relativo del resto de elementos a su alrededor, incluidas las manos del usuario u otros sensores. Suele basarse en tecnologías LiDAR y cámaras. En segundo lugar, el sistema outside-in se basa en sensores externos que trackean el movimiento del usuario u otros sensores. La precisión es mucho mayor, debido tanto a las capacidades mejoradas de cómputo que pueda tener un PC frente a un visor, como al cálculo desde varios ángulos al mismo tiempo, reduciendo notablemente los errores.

Interoperabilidad entre mundos virtuales

La interoperabilidad entre diferentes plataformas de metaverso se está volviendo cada vez más importante a medida que crece su número. Los usuarios desean transferir sus pertenencias entre los diferentes mundos que experimenten. Así, si deciden adquirir un producto dentro de una experiencia, deben poder trasladarla a otra experiencia. Existen dos posibles formas de interoperabilidad entre mundos virtuales:

- Navegación. Los navegadores XR permiten que el usuario busque y acceda al contenido de forma similar a los navegadores Web convencionales. Actualmente, no resulta sencillo acceder a este nivel de interoperabilidad entre mundos virtuales, ya que pocos de esos mundos están contruidos para ser ejecutados desde un navegador debido a las limitaciones de representación y a la lenta progresión de la compatibilidad con WebXR por parte de los navegadores Web. Por ello, la mayoría de los desarrolladores se ha decantado finalmente por protocolos Web cerrados, aunque están surgiendo alternativas abiertas, como UMI3D, que podrían marcar el inicio de un nuevo camino hacia la estandarización de protocolos Web abiertos.
- Contenidos personales. Otro requisito en términos de interoperabilidad entre mundos virtuales es la posibilidad de reutilizar contenidos en diferentes mundos. Actualmente, es posible reutilizar objetos estáticos entre mundos virtuales gracias a estándares como glTF o USD, aunque no es tan sencilla la reutilización de objetos interactivos debido a la falta de protocolos estandarizados.

²⁹ https://developer.oculus.com/documentation/unity/move-face-tracking/?locale=es_ES

Del mismo modo, los usuarios deben poder utilizar su avatar, con el que se identifican y los representa virtualmente, en todos aquellos mundos virtuales que visiten. Actualmente, cada plataforma de metaverso incluye sus propias especificaciones para los avatares. Por ejemplo, mientras una plataforma permite el movimiento preciso de dedos de la mano de manera realista, así como un sistema de gesticulación facial (skin) complejo, otra puede que simplemente muestre un muñón de estilo simplista o *cartoon* con una skin estática.

En este sentido, muchas plataformas están empezando a adoptar servicios de terceros, como Ready Player Me, o Didimo, o Metahuman de Epic Games que ofrecen una manera sencilla de utilizar avatares en múltiples plataformas. Sin embargo, pese a que estos proveedores de avatares usan formatos de contenido estandarizado (como glTF y FBX en este caso), no existe un estándar para la creación y transmisión de avatares.

Ciberseguridad y privacidad de datos

El metaverso lleva asociados aspectos de ciberseguridad y privacidad de los datos. Los riesgos de seguridad cibernética incluyen el robo de identidad, la piratería y el robo de bienes y monedas virtuales. Una solución potencial es el uso de la tecnología blockchain para proporcionar transacciones seguras y transparentes en economías virtuales. Sin embargo, esta tecnología no está exenta de desafíos, incluidos los problemas de escalabilidad e interoperabilidad.

También debe tenerse en cuenta la privacidad de los datos, ya que los mundos virtuales podrían recopilar y almacenar datos personales de los usuarios. Para abordar estos retos, será necesario establecer normas y regulaciones claras sobre la privacidad de los datos en el metaverso. El framework de privacidad XRSI³⁰ es una aproximación para establecer las mejores prácticas para la privacidad y la seguridad en entornos XR, incluido el metaverso, cuyo objetivo es establecer una comprensión compartida de los riesgos y responsabilidades entre las partes interesadas, y orientar a las organizaciones e individuos para proteger la privacidad y seguridad del usuario en entornos XR. Además, el uso de sistemas de identidad descentralizados e identidad soberana podría dar a los usuarios más control sobre sus datos personales e identidad en el metaverso.

Identidad digital

La identidad digital puede definirse como toda la información sobre un usuario que está disponible en Internet y se construye a partir de sus acciones (uso de las redes sociales, participación en foros y blogs, compras en portales online). Si se traslada esta definición al metaverso, puede decirse que la identidad se corresponde con las acciones realizadas por un avatar o representación de una persona en el mundo virtual.

En primer lugar, el metaverso permite modificar la identidad personal (ropa, estilo y color del pelo, maquillaje, accesorios), de modo que las personas se pueden representar mediante cualquier tipo de avatar. En segundo lugar, la identidad social (pertenencia a clubs, afiliaciones políticas, intereses, hobbies) construida durante la vida de las personas se puede mantener en el metaverso, aunque también es posible generar una identidad social totalmente nueva. Finalmente, la identidad legal en el metaverso se basa en las acciones realizadas, de forma similar al mundo físico. La localización y la identidad legal gobiernan el comportamiento en el metaverso.

A pesar de que los problemas de identidad digital son de enorme relevancia, existe una cierta falta de investigación y análisis sistemáticos de estos problemas desde un punto

³⁰ The XRSI Privacy Framework. <https://xrsi.org/publication/the-xrsi-privacy-framework>

de vista técnico. Uno de los campos de investigación más activos está relacionado con la autenticación de usuarios. Las metodologías de autenticación se pueden clasificar en cuatro tipos: autenticación basada en el conocimiento, autenticación biométrica, autenticación multimodelo y autenticación basada en la mirada. La mayoría de las soluciones actuales se basan en algoritmos de similitud entre caras reales y de avatares, uso de patrones de mirada y representaciones de datos y arquitecturas de aprendizaje automático para la autenticación de usuarios utilizando datos de movimiento.

4. Competencias Digitales y Trabajo del Futuro

El metaverso requerirá nuevas profesiones para su desarrollo y mantenimiento, muchas de las cuales necesitarán la integración de habilidades de diversos ámbitos tales como informática, psicología o la neurociencia. A continuación, se describen algunas de las profesiones emergentes en este campo.

- Diseñadores

La creación de metaversos 3D que sean funcionales, atractivos e inmersivos requiere de sensibilidades de diseño específicas similares a las requeridas por los diseñadores de videojuegos y animadores que trabajan en películas 3D. Estos diseñadores deberán conceptualizar, prototipar, construir y mantener los entornos y experiencias en el metaverso. Deberán tener un conocimiento de la programación y las técnicas de diseño 3D, así como una comprensión clara de la psicología humana y la ergonomía para hacer que las interacciones con el metaverso sean naturales y atractivas.

Hay que tener presente que, como usuarios, estamos acostumbrados a visualizar todo sobre pantallas 2D, incluso el contenido 3D. Esto no tiene por qué ser así en el metaverso. Por ejemplo, haciendo uso de la realidad virtual. Los Creativos y Artistas Digitales estarán a la vanguardia de la creación de contenido inmersivo, diseñando experiencias interactivas y generando arte digital único para este nuevo universo. Para esta última profesión, cabe señalar el impacto que la Inteligencia Artificial generativa va a tener para la creación de contenidos en el metaverso.

- Programadores

Muchas de las experiencias en el metaverso se crearán mediante plataformas no-code o de baja codificación tipo visual scripting. Ahora bien, es necesario un conocimiento profundo de la programación tanto para la actualización de estas plataformas, como para la personalización o creación de experiencias y comportamientos específicos.

- Diseñadores de interfaces de usuario

Las interfaces de usuario son los puntos de conexión entre los mundos real y virtual del metaverso, por lo que son necesarios profesionales con habilidades en el diseño de interfaces de usuario para que la interacción sea lo más natural, intuitiva y amigable posible. Estas interfaces pueden ser de tipo software (diseño de avatares) y hardware (diseño y fabricación de cascos virtuales, portables, cámaras o sensores).

- Arquitectos de información

Los Arquitectos de Información de Metaverso diseñarán cómo se estructura y organiza la información en este nuevo espacio digital. Este papel requerirá una profunda comprensión de cómo las personas interactúan con la información digital y de cómo diseñar sistemas de información intuitivos y eficientes.

- Expertos en ciberseguridad

Son necesarios diferentes procedimientos de seguridad para garantizar que los usuarios puedan utilizar el metaverso de forma segura, ya que es un entorno vulnerable a los ciberataques y al robo de datos. Por ello, es necesario disponer de expertos en ciberseguridad, que prevengan ataques en tiempo real, así como que se encarguen de garantizar que se cumplen las leyes y protocolos.

- Ingenieros de blockchain

Se encargarán del diseño, implementación, testeo, escalado y gestión de las plataformas de blockchain.

- Especialistas en éticas y leyes

Además, los Especialistas en Leyes Digitales y Ética serán necesarios para manejar las complejas cuestiones legales y éticas que surgen en el metaverso. Tendrán que lidiar con temas como la privacidad digital, la propiedad de los activos digitales y la resolución de conflictos en el metaverso.

5. Accesibilidad, sostenibilidad medioambiental, ética y gobernanza

Accesibilidad

La accesibilidad es una de las grandes asignaturas pendientes del metaverso. A medida que la tecnología se vuelve más compleja, el metaverso puede dejar fuera a millones de personas; personas mayores (más del 20% de la población española), personas con diversidad funcional (15% de la población) o usuarios con limitaciones para adaptarse al cambio son los grupos de población más afectados. Si el metaverso no se adapta a sus capacidades, la brecha digital continuará creciendo.

Ahora que el metaverso está en un estado todavía incipiente, se debe incorporar la accesibilidad desde el diseño, como la base para los desarrollos, para no tener que readaptarlos una vez desplegado el sistema. Para conseguir un metaverso inclusivo, es necesario tener en cuenta algunas buenas prácticas y aspectos clave.

- Discapacidad auditiva

Uno de los principales aliados en el metaverso serán los subtítulos, diferenciando entre los subtítulos que únicamente reflejan el diálogo, y los subtítulos descriptivos que incluyen otro tipo de sonidos. Igualmente, serán necesarias técnicas de transcripción en tiempo real para las interacciones espontáneas, es decir, se transcribirá el habla del avatar. Otro reto a abordar será la utilización del lenguaje de signos que necesita la gesticulación de manos y cara con niveles de calidad y nitidez muy elevados. Los avatares deberán poder simular los gestos faciales y de manos del hablante e interpretarlos con igual detalle. Finalmente, se deberá abordar el reto de las personas de baja capacidad auditiva que necesitan de audífonos para la correcta audición.

- Discapacidad visual

Es importante entender que se deben tener en cuenta no sólo la ceguera sino también problemas de baja visión o el daltonismo. En el primer caso, se deberán combinar diferentes estímulos como el feedback háptico o la descripción sonora de los elementos. En el caso del daltonismo, si un metaverso se basa en los colores para sus dinámicas, deberán ofrecerse posibilidades para alterar dichos colores por parte del usuario.

- Discapacidad física

Las personas con discapacidad física deberían ser capaces de acceder al metaverso mediante tecnologías y dispositivos diferentes a los actuales. En primer lugar, es importante incorporar diferentes elementos de movilidad en los accesorios de acceso al metaverso como gafas VR o sistemas de control. En segundo lugar, las personas en silla de ruedas tienen dificultades en acceder el espacio virtual del metaverso, aunque algunas plataformas han incluido la opción de simular que los usuarios están de pie. Finalmente, la opción de una sola mano para la interacción facilita la interacción para algunas personas que han perdido ese miembro.

- Discapacidad intelectual

Mientras que el metaverso permitirá para anticipar, educar, entrenar y reforzar las capacidades de entendimiento de las personas con dificultades cognitivas o del desarrollo, también supone un gran salto en lo relativo a la percepción del mundo que

les rodea, e incluso a la percepción de las personas y su representación en estos otros mundos tan ajenos y diferentes.

Sostenibilidad medioambiental

El metaverso, como nuevo universo digital en expansión, está reformulando las perspectivas sobre tecnología, sociedad, empresas y economía. Uno de los aspectos que se debe explorar es su sostenibilidad medioambiental.

En primer lugar, el metaverso puede suponer una reducción de las emisiones, ya que las personas no necesitarán realizar viajes y podrán experimentar destinos lejanos sin tener que viajar. Igualmente, el metaverso tiene el potencial de transformar la forma de trabajar y aprender gracias a la colaboración virtual y la disponibilidad de datos para la gestión y monitorización.

Además, podrá impactar en la promoción de un consumo y patrones de producción más sostenibles. Así, el metaverso puede utilizarse como una herramienta educativa y de concienciación para el desarrollo sostenible³¹. Las experiencias virtuales permitirán aprender sobre el cambio climático y el uso sostenible de los recursos, y promover la adopción de comportamientos más respetuosos con el medio ambiente.

Ahora bien, tal y como menciona el informe de KPMG³², uno de los principales factores de ralentización del crecimiento del metaverso ha sido la cobertura mediática sobre su gran consumo energético estimado y el consiguiente incremento en las emisiones de carbono. Los datacenter necesarios para ejecutar los mundos del metaverso suponen un gran coste energético. Aunque resulta complicado estimar el impacto medioambiental individual de cada datacenter, se estima que fueron responsables del 2% de las emisiones en el año 2015, similar al causado por toda la industria aeronáutica.

En conclusión, aunque el metaverso plantea desafíos significativos, también ofrece oportunidades únicas para promover la sostenibilidad medioambiental. Su desarrollo debe estar guiado por principios de sostenibilidad, equidad y gobernanza efectiva. En este esfuerzo, la colaboración de asociaciones tecnológicas, empresas, gobiernos y la sociedad civil será crucial para moldear un metaverso que favorezca un futuro más sostenible y justo para todos.

Ética

Las consideraciones éticas y de gobernanza en el ciberespacio han estado presentes desde el comienzo de Internet y la Web. Así, comunidades online anteriores tales como “The Well”⁷ o “Second Life”⁸ atrajeron un considerable interés en su momento por sus potencialidades de negocio, ocio y para forjar nuevos vínculos, pero también al mismo tiempo por sus implicaciones socio-éticas. En este sentido, diversos autores han mostrado su interés en estas cuestiones y autores de reconocido prestigio como Sherry Turkle, Manuel Castells o Luciano Floridi han documentado ampliamente las implicaciones a nivel psicológico, sociológico y filosófico de los “mundos virtuales” posibilitados por la Web e Internet.

Los desarrollos tecnológicos asociados al metaverso permiten nuevas posibilidades y plataformas, aunque sus riesgos e incertidumbres se suman a otros ya conocidos. En este sentido, es importante resaltar que el metaverso promueve una inmersión en

³¹ Jauhainen, J.S.; Krohn, C.; Junnila, J. Metaverse and Sustainability: Systematic Review of Scientific Publications until 2022 and Beyond. *Sustainability* **2023**, *15*, 346. <https://doi.org/10.3390/su15010346>

³² https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/dk/pdf/dk-2022/Shaping%20the%20Metaverse%20towards%20sustainability_final.pdf

contenidos digitales, pero también una mayor interrelación del usuario con tecnologías y contenidos que ya están disponibles, aunque demanden nuevos interfaces y dispositivos para su pleno desarrollo. Por ello, la mayoría de los debates éticos planteados por el metaverso están relacionados con la involucración e imbricación de los usuarios con el metaverso, retrotrayendo dichos dilemas al mito de la caverna de Platón.

El ciberespacio es un espacio alegal, en el que la innovación ha sido en los últimos años fuente de diferentes dilemas socio-éticos que ha devengado en muchas ocasiones en conflictos legales y externalidades negativas que han tenido diferentes impactos en el mundo físico. Ejemplos como la especulación urbanística o el aumento del tráfico y la contaminación por plataformas como AirBnB o Uber son algunos de los ejemplos que recuerdan la forma en la que las innovaciones digitales siempre tienen implicaciones socio-éticas en el mundo real. Por ello, se presenta una lista que no pretende ser exhaustiva ni limitante, con algunos de los dilemas socio-éticos que puede plantear el desarrollo del metaverso.

- Privacidad. Uno de los dilemas clásicos de Internet y la Web que se verá aumentado en el desarrollo del metaverso será la forma de minimizar la recogida de datos de los usuarios, su tratamiento, confidencialidad y el uso responsable que se hace de datos y metadatos.
- Seguridad. Será necesario definir la forma en la que conseguir un metaverso seguro y no susceptible a amenazas de diferente índole, así como el empoderamiento de los usuarios para poder abordar situaciones en las que su seguridad se vea comprometidas.
- Igualdad, inclusividad y equidad. Es necesario desarrollar tecnologías, plataformas y experiencias que no contribuyan a una sociedad más desigual a la hora de abordar la generalización del metaverso.
- Suplantación de identidad e imposturas. La utilización de los avatares presenta riesgos asociados a la replicación, suplantación e impostación.
- Falta de confianza. La transparencia en el funcionamiento de los entornos virtuales es un factor clave a la hora de que los usuarios muestren confianza a la hora de utilizar dichos servicios.
- Vigilancia y monitorización. Esta tendencia puede incrementarse en el metaverso debido a la utilización de nuevos dispositivos (gafas, cascos, etc).
- Adicciones, conductas compulsivas y bienestar mental. Diferentes plataformas y servicios en Internet han sido comúnmente asociados por su uso compulsivo, como fuente de conductas adictivas y compulsivas que pueden derivar en diferentes adicciones como la ludopatía.
- Desinformación y manipulación. De forma similar al caso de las redes sociales y plataformas similares, el riesgo de desinformación en entornos virtuales seguirá siendo una preocupación unida al desarrollo tecnológico.
- Polarización y burbujas de opinión. De forma similar, los espacios virtuales pueden convertirse en espacios de polarización social y encerrar a usuarios en torno a burbujas de opinión.

Gobernanza

La gobernanza del metaverso es un reto multidimensional, que plantea una serie de cuestiones que no son tampoco realmente nuevas, ya que han estado presentes desde el inicio del ciberespacio por la necesidad de regular este espacio virtual desde su creación. Así, organizaciones fundadas para promover una gobernanza y coordinación en el ciberespacio entre diferentes actores como el World Wide Consortium (W3C) o la

Internet Engineering Task Force (IETF), entre otras demandan nuevas estructuras y grupos para coordinar no sólo el desarrollo de tecnologías y estándares, sino aspectos que desbordan estos dos elementos.

Así, muchas de las cuestiones que se plantean alrededor de la gobernanza también están interrelacionadas con los dilemas socio-éticos presentados anteriormente y en muchos casos se retroalimentan. Algunas de estas cuestiones relacionadas con la gobernanza del metaverso son:

- ¿Cómo garantizar la representatividad de colectivos infrarrepresentados en el ciberespacio en el metaverso?
- ¿Cómo desarrollar estándares y códigos de conducta para el metaverso de manera justa, democrática y equitativa?
- ¿Cómo promover la seguridad y confianza en los entornos virtuales facilitados por el desarrollo del metaverso?
- ¿Cómo reducir la fragmentación existente en la regulación actual del ciberespacio y promover una carta de derechos digitales para la ciudadanía?
- ¿Cómo proveer de herramientas e instrumentos para la vigilancia de los derechos humanos en el metaverso y de su propia gobernanza?
- ¿Cómo establecer contrapesos que puedan ayudar a mitigar el impulso e intereses comerciales de las grandes corporaciones

Sobre AMETIC

Somos la Asociación representante del sector de la industria digital en España: desde pymes hasta grandes empresas globales de los ámbitos de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones, Industria Electrónica, Servicios y Contenidos Digitales, Transformación Digital, Tecnologías Habilitadoras, Banca, Energía, Sostenibilidad, etc.

La digitalización hoy no es solo una realidad, sino una prioridad. Nuestra Asociación trabaja por impulsar el desarrollo de una industria digital robusta e innovadora. Una industria que busca posicionar la competitividad de nuestro país a la cabeza en la carrera por la transformación digital y la adopción de las nuevas tecnologías. Un sector que apuesta por el crecimiento sostenido y sostenible, la digitalización y el talento de las generaciones futuras.

Nos avala una extensa experiencia, de cerca de 50 años en el sector, trabajando en beneficio de nuestros Asociados, con las Administraciones Públicas (tanto nacionales, como internacionales) y apoyando la internacionalización de nuestras empresas y la exportación de nuestra industria a mercados internacionales.

Nuestros Asociados constituyen una palanca real de desarrollo económico sostenible, que incrementan la competitividad de otros sectores, generan empleo de calidad, incrementan nuestra tasa de exportación y que revalorizan a nuestro país y a su industria digital.

Más información www.ametic.es innovacion@ametic.es

Agradecimientos

Para la elaboración de este informe hemos contado con varios de nuestros asociados a quienes agradecemos su implicación:

