

**Interreg**



Cofinanciado por  
la Unión Europea  
Cofinanciado pela  
União Europeia

**España – Portugal**

*Twin* **NavAUX**

# Informe de Estado del Arte de la realidad virtual y aumentada y del metaverso

Mayo 2024

# Contenido

1

**Estado del Arte de la  
Realidad Virtual y  
Aumentada**

2

**Estado del Arte del  
Metaverso**



# **Informe de Estado del Arte de la Realidad Virtual y Aumentada**



## 1 - Introducción

La realidad virtual y aumentada se pueden considerar como el conjunto de técnicas que proporcionan al usuario una experiencia simulada que da la sensación de presencia en un mundo, real o imaginario, generado por sistemas informáticos.

En la realidad virtual todo lo que vemos es irreal, creado digitalmente, mientras que en la realidad aumentada una parte de lo que vemos es real y otra parte es información digital relevante en forma de modelos 3D, textos, imágenes o vídeos que aumentan la información que recibimos sobre el entorno.

Una persona que experimenta con realidad virtual o aumentada puede moverse, mirar alrededor e interactuar con elementos artificiales en un entorno totalmente artificial o mezcla real/artificial.

Actualmente los sistemas de realidad virtual utilizan cascos, una pantalla montada en la cabeza (HMD, por Head Mounted Display), o entornos multiproyectados. Los de realidad aumentada precisan de dispositivos móviles (teléfonos y tabletas), o gafas especiales.

El hardware utilizado en las aplicaciones de realidad virtual tiene una gran influencia en la calidad de la experiencia del usuario, y por tanto en el grado de aproximación que ésta tenga con una experiencia real, así como en las posibilidades de interacción con el modelo virtual.

Estos sistemas hardware tienen como finalidad.

- Calcular el estado de simulación de que se trate y generar imágenes y sonidos en tiempo real.
- Obtener información de la pose del usuario (posición y orientación de la cabeza).
- Permitir al usuario interactuar con la simulación.
- Obtener información adicional del usuario: por ejemplo a dónde dirige la mirada (Eye Tracking) o la posición de su torso y sus extremidades.
- Obtener posición de objetos reales que se encuentren en el espacio de simulación.
- Obtener o ejercer sobre el usuario una sensación de fuerza, o contacto, o acompañar sus movimientos.

La realidad mixta añade a la realidad aumentada el reconocimiento digital en 3D del entorno real y la posibilidad de que los modelos digitales y los reales interactúen entre ellos.

Como veremos en el apartado de tecnologías, las empresas fabricantes de hardware de RX (realidad virtual, aumentada y mixta) tienden en la actualidad a crear dispositivos de realidad mixta, por ser la más completa y aparentemente la más útil de las tres en muchas ocasiones.

Por otro lado veremos como algunas de ellas trabajan además para conseguir desarrollar un sistema operativo virtual que se convierta en el estándar del mercado en este sector.

## 2 - Aplicaciones en diversos Sectores

La utilidad de estas tecnologías virtuales puede alcanzar prácticamente a todos los aspectos de nuestra vida, tanto personal como laboral, son tecnologías horizontales.

Se relacionan en este apartado diversas aplicaciones de RV/RA en diversos sectores, que pueden dar idea de lo amplias que son sus capacidades en la mejora de muy diversos procesos.

Algunos campos de utilidad de estas tecnologías son: el retail, la publicidad, los videojuegos, el sector militar, turismo, educación, patrimonio, museística, publicidad,... pero haremos hincapié en cuatro sectores donde hemos podido ver un avance importantes en el uso sistemático de estas tecnologías, que son salud, prevención de riesgos, industria y formación para el empleo.

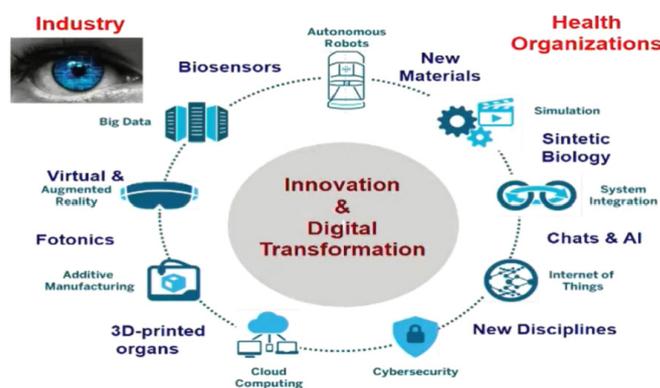
### 2.1 - Salud

Comenzamos por algunos datos a los que hemos podido acceder en la "II Jornada de innovación en salud de la ASF", desarrollada en Ferrol, en septiembre de 2023.

En la imagen de la derecha se muestran toda una serie de tecnologías ya utilizadas en una salud basada en la transformación digital. Son tecnologías que giran alrededor del paciente, para diagnosticar y tratar mejor. Como vemos, entre ellas aparecen la RV y la RA.

Dentro de los desarrollos de tecnologías RX en medicina se pueden encontrar aplicaciones que permiten:

- Aprender a realizar procesos complejos.
- Facilitar la comprensión de determinados procesos.
- Aprender a interactuar con los pacientes.
- Trabajar las habilidades sociales de personas con trastornos del espectro autista (TEA).
- Ayudar a la relajación de pacientes (p.e. oncológicos), o tratar trastornos postraumáticos.
- Tratar con pacientes con depresión resistente al tratamiento y/o pensamientos suicidas.
- Trabajar con enfermos de alzhéimer.
- Tratar el dolor.
- Rehabilitar miembros dañados o pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- Apoyar el trabajo de los cirujanos en el quirófano.

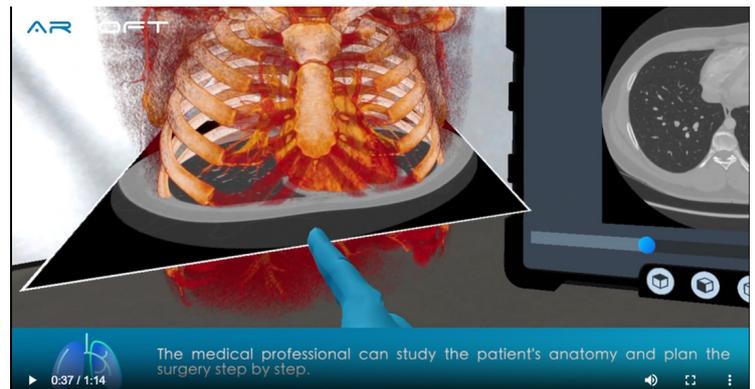


(Fuente: Lluís Blanch Torra. Consultor del Centro de Críticos del Hospital Parc Taulí) [vis.com/](http://vis.com/)

En la imagen siguiente se pueden ver algunas de las formaciones generadas por David Fernández con medios de RV/RA, en su conferencia "RV, RA, IA: el buen uso de la tecnología para un mejor aprendizaje". Una de las utilidades avanzadas es la posibilidad de que el cirujano pueda acceder en cualquier momento a una representación 3D de un órgano o un conjunto de órganos previamente escaneados con resonancia magnética nuclear (RMN) o tomografía axial computerizada (TAC), por medio de RA.



Fuente: David Fernández García. Profesor Doctor en la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.



Fuente: <https://www.arsoft-company.com/nextmed>

Esa visualización se puede superponer sobre el cuerpo del paciente que está en la mesa de operaciones. En este caso su cerebro.

Fuente: <https://www.medivis.com/>



En este otro caso se puede ver al enfermo real y al mismo tiempo, sobre él, cierta información técnica que guía al cirujano en el procedimiento médico a aplicar.

Fuente: <https://metamandrill.com/augmented-reality-in-healthcare/>

A continuación se puede ver un ejemplo de formación con RV y guantes hápticos, que permiten "sentir" cuando se toca algún miembro del paciente en el mundo virtual.



Fuente: [https://www.linkedin.com/posts/veyond-metaverse\\_excellent-summary-jordan-youve-done-a-activity-7141978372384915456-Mqqw](https://www.linkedin.com/posts/veyond-metaverse_excellent-summary-jordan-youve-done-a-activity-7141978372384915456-Mqqw).

Como se indicó anteriormente, la simulación de ciertos escenarios permite tratar fobias, trastornos o miedos. Por ejemplo en la imagen se puede ver una actividad dirigida a perder el miedo a hablar en público.



# Informe de estado del arte - RV/RA

## 2.2 - Prevención de riesgos laborales

No hay duda de que la Prevención de Riesgos Laborales (PRL) es uno de los pilares fundamentales que protege al trabajador de los riesgos de su entorno laboral y por ello la ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO 2023 – 2027, del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en su OBJETIVO 03 pretende mejorar la gestión de la seguridad y salud en las pymes: una apuesta por la integración y la formación en prevención de riesgos laborales, y en particular pretende apoyar a las empresas para gestionar los riesgos psicosociales y ergonómicos derivados de la digitalización de sus procesos a través de: formación, herramientas de afrontamiento, y elaboración de criterios y orientaciones.

Dentro de esa formación en PRL las tecnologías RX han desmostrado una utilidad innegable y las impresiones recogidas entre los profesionales que han realizado dichas formaciones arrojan datos de una mejor recepción de conocimientos a través de estos métodos que con los procedimientos estándar de formación. Aprender haciendo, mejora la comprensión y retiene los conocimientos de una forma más duradera.

En la generación de aplicaciones de formación en PRL la empresa española LUDUS TECH, S.L. es un referente.

En la imagen de la derecha se puede ver un muestrario de las formaciones que ha venido desarrollando en este campo.

Abarcan el uso de equipos peligrosos, realización de tareas de modo adecuado, ergonomía, lucha contra incendios y otras materias.



(FUENTE: <https://www.ludusglobal.com/>)



Tal y como indica la empresa Innovae "Sumergiendo al usuario en un entorno 100% generado por ordenador que recrea situaciones de riesgo en el espacio laboral, los técnicos pueden explorar con completa seguridad la realidad de los riesgos laborales, lo que conlleva, además de una reducción de accidentes, un importante ahorro económico para las empresas".

Fuente: <https://www.innovae.com/prl-con-realidad-virtual/>

Por otro lado, la versatilidad de estas formaciones, que permiten elegir la modalidad formativa en función de las necesidades específicas de cada trabajador (ver imagen siguiente), hace que la formación no obligue a costosas paradas en la producción, ni a desplazamientos, y que se puedan desarrollar en el mejor momento, tanto para la empresa como para el alumnado, con lo cual se facilita su desarrollo y la captación de conocimientos.

Hay que señalar que las aplicaciones inmersivas de RV/RA transmiten no sólo información sino también "sensaciones". El usuario se siente inmerso en esa realidad simulada y por lo tanto la situación aprendida se acerca mucho a la real que representa.



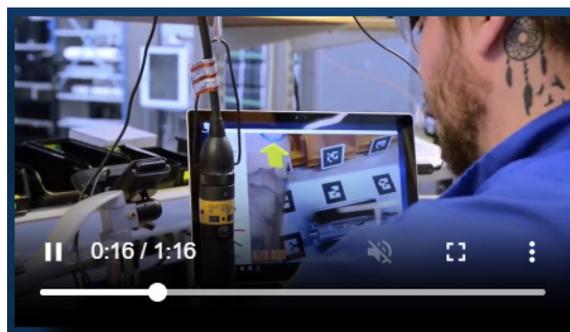
Fuente: <https://www.ludusglobal.com/tipos-de-formaciones#entrenamiento-guiado-ludus>

## 2.3 - Industria

Este es el campo que más interesa en el proyecto Twin NavAux, y es junto a los dos anteriores uno de los sectores donde la utilidad de las realidades virtuales y aumentadas se ha demostrado ya imprescindible.

### 2.3.1 - INNOVAE

En las imágenes se muestra una guía de montaje de un equipo utilizando RA y una serie de marcadores. A medida que el operario va realizando una tarea el sistema le guía a la siguiente, todo ello en el puesto real de trabajo de esa tarea.



Fuente: <https://www.utopicestudios.com/projects/kitron.html>

## 2.3.2 - Esi-Group

Utiliza la RV en estudios de interferencias, ergonomía y mantenimiento de equipos en sectores como automoción y aeronáutico, acelerando la fabricación y asegurando la reducción de errores de diseño.

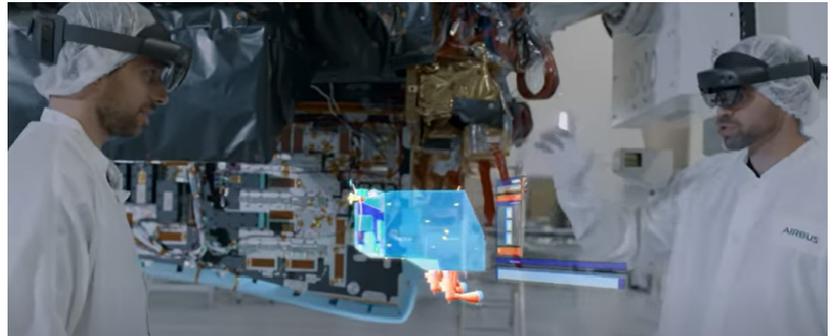


FUENTE: <https://www.esi-group.com/>

## 2.3.3 - AIRBUS

Airbus está utilizando la realidad mixta en el diseño y montaje de sus aviones y espera reducir el tiempo de validación del diseño en un 80 por ciento y acelerar las tareas complejas durante el ensamblaje en un 30 por ciento, aumentando al mismo tiempo la calidad y seguridad de sus productos.

Fuente: <https://news.microsoft.com/es-es/2019/06/18/airbus-vuela-mas-alto-con-ayuda-de-la-tecnologia-de-realidad-mixta-de-microsoft/>



La asistencia a tareas de puesta en marcha, mantenimientos y reparaciones es sin duda una de las mayores capacidades de estas tecnologías en la industria. Tal y como se propone en el proyecto Twin NavAux, se puede utilizar para realizar aquellas tareas de mantenimiento predictivo que descubre el Gemelo Digital inteligente en sus simulaciones.

Esta asistencia tiene dos modalidades. En una de ellas, con un casco de RA el operario ve el equipo sobre el que va a trabajar y, añadido a esa visualización, se le muestran guías paso a paso, o datos técnicos relevantes en cada momento, todo ello para asegurar que los procedimientos se ejecutan correctamente y permitiendo, al mismo tiempo, que un técnico no familiarizado con un proceso determinado pueda llevarlo a cabo con la seguridad de que lo va a realizar correctamente.

En la otra modalidad, un experto en un proceso complejo ayuda al operario que se enfrenta al mismo, incluso desde localizaciones muy distanciadas, viendo lo mismo que ve el operario y enviando datos a las gafas de RA de éste para guiarlo con precisión. Estos datos no son sólo de voz, sino también flechas, líneas y otras indicaciones gráficas que se ven superpuestas a la realidad.

## 2.3.4 - beXReal

Genera aplicaciones de RA que no sólo sirven para la inspección (comprobación de si los equipos montados son los indicados en el diseño), sino también ayudará a la explotación y mantenimiento de instalaciones de todo tipo tras su entrega al cliente.

FUENTE: <https://bexreal.com/>



## 2.4 Formación para el empleo.

### 2.4.1 - Seabery

En formación para el sector industrial podemos encontrar, como ejemplos avanzados, estos tres ejemplos de simuladores avanzados en los campos de la soldadura, la pintura y el ferrocarril.

Los gremios de soldadura y pintura son dos de los más importantes en el sector naval.

El simulador de soldadura "Soldamatic", es una solución de formación basada en RA, y está diseñado para cubrir las necesidades formativas de estudiantes noveles y soldadores profesionales con un amplio catálogo de piezas de soldadura basados en prácticas reales, así como la posibilidad del desarrollo de piezas a medida.

Incluye una máscara de soldar, antorchas con vibración y guantes, todos ellos reales, para hacer más inmersiva la práctica.



FUENTE: <https://seaberyat.com/en/hyperreal-sim-soldamatic/>

## 2.4.2 - CIS Tecnología e Diseño

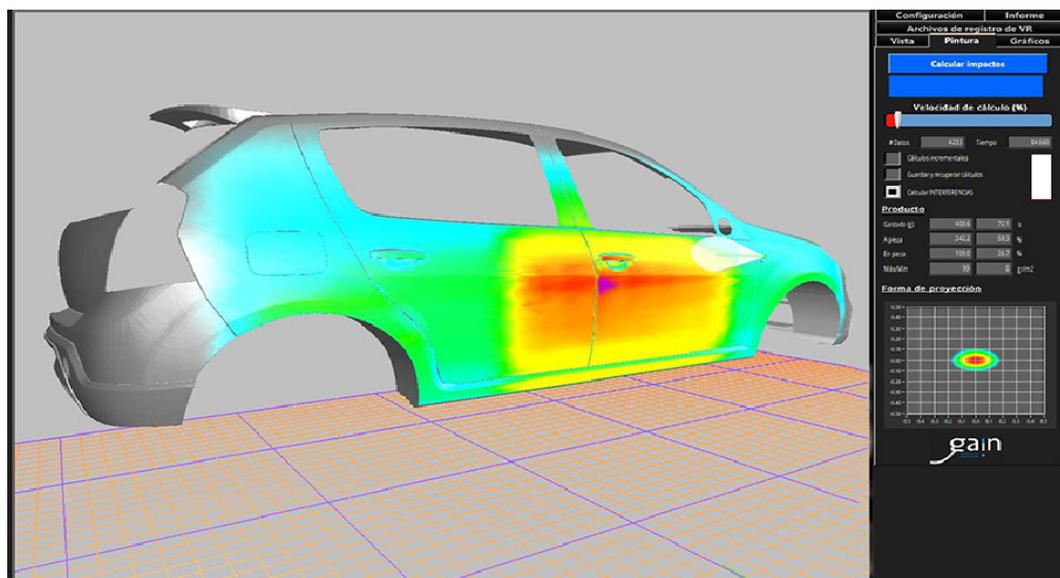
Esta entidad de la Xunta de Galicia ha desarrollado dos simuladores de pintura, uno para pintura de grandes estructuras marinas y otro para pintura en el sector de la automoción.

El simulador de pintura SimuAriless permite aprender a pintar con pintura airless piezas de las estructuras portantes de los generadores eólicos marinos (jackets), así como piezas personalizadas introducidas por el equipo docente.

Se ha transformado un mando del casco de RV en una pistola de pintura, mediante piezas en impresión 3D, y se le ha dotado de una manguera que dificulta el trabajo, tal y como sucede en el proceso real.

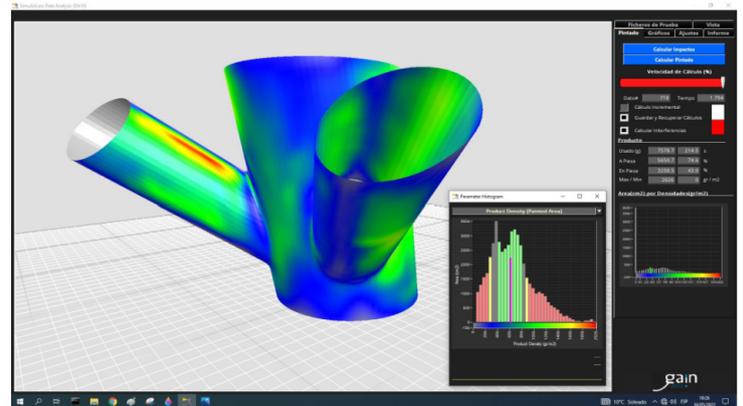
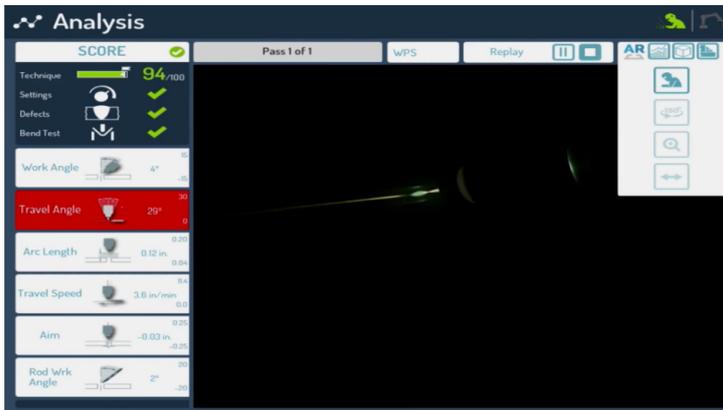


FUENTE: <https://www.cistecnologiaedeseno.gal/casos-de-exito/>



El simulador SimCarPaint permite practicar el pintado de las diversas partes que componen la carrocería de un turismo o el pintado del turismo entero utilizando, al igual que en el caso anterior, un equipo que simula una pistola de las utilizadas en este sector.

Las tres herramientas virtuales mencionadas corren en background unos procesos que van recogiendo todos los eventos que se producen en la experiencia formativa y permiten obtener valores de: posiciones y ángulos, distancias, velocidades, aportes de material,... que permiten comprobar los avances de los alumnos a medida que se enfrentan a sucesivas simulaciones del proceso en cuestión.

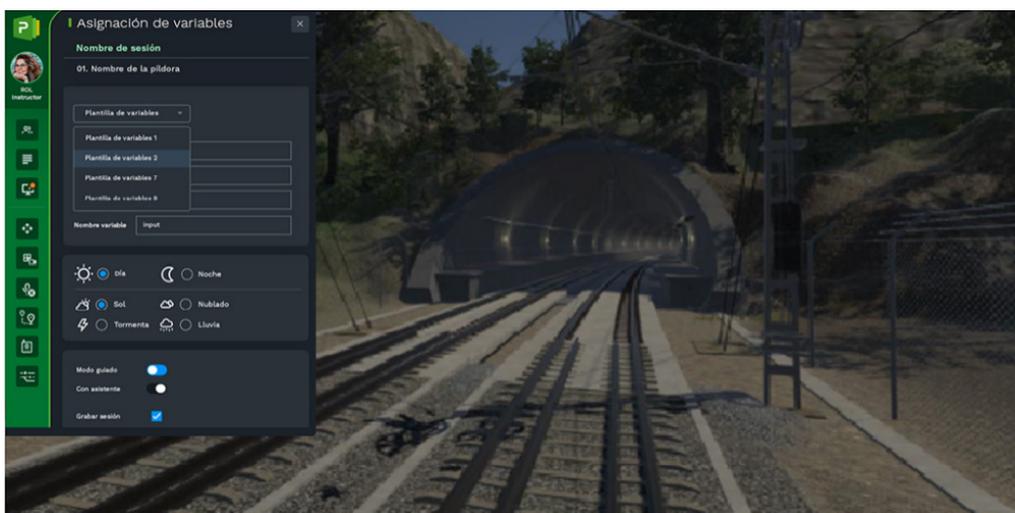


En todos los casos el uso de las realidades aumentada y virtual conllevan un drástica reducción de emisiones a la atmósfera, y de generación de residuos, así como de costes de formación, evitando la adquisición de material fungible para el aprendizaje.

El alumnado sólo se enfrenta a los equipos reales cuando ya ha pasado una serie de horas adquiriendo las habilidades precisas en cada caso.

## 2.4.3 - Virtualware.

El Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) anunció la próxima puesta en marcha de un Simulador de Infraestructuras Ferroviarias (SIF) con RV para la formación en operaciones de mantenimiento, que permite la ejecución de prácticas colaborativas por parte del alumnado.



FUENTE: <https://www.virtualwareco.com/es/news/adif-simulador-de-infraestructuras-en-realidad-virtual/>

## 3 - Tecnologías

### 3.1 - Herramientas de Desarrollo

Sabiendo qué se necesita conseguir con cada simulación, hay que definir y desarrollar las aplicaciones virtuales, para ello existen una serie de herramientas informáticas en el mercado.

#### 3.1.1 - Motores de render

Se utilizan principalmente dos herramientas de generación de aplicaciones de realidad virtual que son Unity 3D (<https://unity.com/>) y Unreal Engine (<https://www.unrealengine.com/>).

Estas herramientas inicialmente ligadas al sector de los videojuegos han llegado al sector industrial y ya se han hecho impresionables en él.

Se alimentan de modelos 3D y/o 2D importados de otras aplicaciones y permiten programar sobre ellos todo tipo de simulaciones.

Aunque la creación de un motor propio sigue siendo la opción elegida por algunos desarrolladores, la inversión de tiempo y dinero que supone crear una herramienta así está empujando a la industria a obviar esa posibilidad.

Por otro lado, las dos herramientas mencionadas poseen una amplísima comunidad en internet lo que facilita enormemente encontrar una solución a un problema o funcionalidad que se precise.

Específicamente para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada existen herramientas como LayAR o Wikitude, y otras que trabajan en conjunción con los motores mencionados anteriormente como son ARToolKit o Vuforia.

#### 3.3.2 - Herramientas automatizadas

Un apartado aparte merece una serie de soluciones de RV/RA que automatizan en gran medida las tareas de programación de las aplicaciones a generar.

Con el fin de acercar el uso de estas tecnologías a la mayor cantidad de empresas posible, evitando que para el desarrollo de aplicaciones virtuales se precise de expertos programadores, ha habido varias iniciativas que han generado plataformas que facilitan esta creación de aplicaciones virtuales incluso a no expertos.

Se mencionan aquí la solución "VIROO" de la empresa Virtualware y la solución "EyeFlow" de la empresa AR Soft.



## - Viroo

El llamado Viroo Studio permite a los usuarios, con o sin conocimientos de programación, desarrollar entornos interactivos multiusuario, compatibles con dispositivos inmersivos.

Es una plataforma VR desarrollada para permitir crear, gestionar y desplegar contenido inmersivo multiusuario de forma sencilla.

Para la creación dispone de una serie de "paquetes" preprogramados, pero personalizables a las necesidades de cada usuario, que funcionan dentro del motor de renderizado Unity3D.



FUENTE: <https://www.virtualwareco.com/viroo/>. VIROO® Studio

Los Players de Viroo ofrecen la posibilidad de crear sesiones colaborativas en remoto, en las que las personas se conectan haciendo uso de diferentes dispositivos como ordenadores de escritorio y visores VR, todos ellos al mismo tiempo trabajando de manera colaborativa.

## - Eyeflow

EyeFlow es una plataforma de creación de contenidos de realidad aumentada y realidad virtual mixta diseñada para simplificar al máximo la implantación de estas tecnologías en las empresas.

No precisa del trabajo de expertos, dispone de integración con servicio remoto de soporte en tecnologías virtuales, es multiusuario y puede trabajar en modo online y modo offline, y acceder a los contenidos creados desde un smartphone, ordenador o gafas de realidad virtual o mixta.



FUENTE: <https://www.arsoft-company.com/eyeflow>

## 3.2 - Equipos Hardware de RV/RA

En cuanto a la tecnología hardware de RX, aunque se podría incluir el estudio de diversos accesorios tecnológicos utilizados en aplicaciones virtuales (tracking, guantes, trajes,...) sólo se va a tratar el tema de los cascos/gafas de RV/RA y RX.

Las principales marcas fabricantes de cascos – gafas de RV/RA/RX actualmente son las siguientes.

### 3.2.1 - META (Oculus)

La empresa estadounidense Oculus, ha sido una de las pioneras en desarrollar tecnología de realidad virtual. Desde su fundación en 2012, la compañía se ha convertido en un referente del sector con su casco Oculus Rift.

En marzo de 2014 META (Facebook) compra Oculus VR, y en noviembre de 2015, la compañía se asocia con Samsung para desarrollar Samsung Gear VR, para los móviles Samsung Galaxy.

Su último producto, de 2023, es el Meta Quest 3, un casco de realidad mixta.

META acaba de anunciar que abren su sistema operativo de computación espacial y realidad mixta virtual Horizon OS, que corre sobre Android. Este S.O. es abierto pero no gratuito. Ha anunciado también que abrirá su tienda de aplicaciones a otros desarrolladores.

Esta apertura es parte de una lucha por convertirse en el estándar de desarrollo de este tipo de aplicaciones virtuales que tal vez van a pelear Meta, Apple y tal vez Microsoft.

### 3.2.2 - HTC

HTC es una empresa taiwanesa que comenzó como fabricante de ordenadores portátiles y teléfonos inteligentes en 1997 y en 2016 entró en la tecnología de la realidad virtual a través de su línea VIVE.

HTC Vive es el primer dispositivo de Realidad Virtual que permitió un cierto grado de desplazamiento físico y seguimiento real de manos.

Su último desarrollo son las HTC Vive XR Elite, unas gafas de realidad mixta.

### 3.2.3 - VALVE

Valve Corporation es una empresa estadounidense nacida en 1996 como desarrolladora de videojuegos, entre ellos el Counter-Strike. Posteriormente lanzó la tienda de juegos Steam, la cual soporta SteamVR desde 2014, plataforma sobre la que trabajan diversos cascos como Valve Index, Meta Quest o HTC Vive.

El casco Valve Index se presentó en 2019 como una solución para la realidad virtual. Sin embargo, la tecnología también es capaz de soportar experiencias de realidad mixta.



## 3.2.4 - MICROSOFT

La empresa estadounidense Microsoft oferta sus primeros auriculares de realidad mixta en 2015, las Microsoft HoloLens.

El dispositivo más reciente, las HoloLens 2, de 2016 se presenta en varias ediciones incluidas opciones industriales y de desarrollo.

Según diversas fuentes, la compañía ha cancelado sus planes de lanzar las HoloLens 3. Están decidiendo cuál debe ser su futuro público objetivo y por lo tanto cuál será su oferta, y si incluirá hardware o será sólo software. Aparentemente se centrará en los servicios, entre ellos Microsoft Mesh, una plataforma de RA y un entorno Metaverso para Microsoft Teams.



## 3.2.5 - MAGIC LEAP

La estadounidense Magic Leap fue fundada en 2010 para desarrollar novelas gráficas, pero en 2014 comienza a producir sus gafas de realidad mixta, aunque no saca al mercado un producto viable, hasta 2018, las Magic Leap One.

Su producto más reciente son las gafas de realidad mixta Magic Leap 2, de 2022.

Estas gafas poseen la certificación internacional IEC 60601 que las califica de aptas como equipo médico electrónico, utilizable por tanto dentro de un quirófano.



## 3.2.6 - VARJO

Es un fabricante finlandés de cascos de realidad virtual, aumentada y mixta fundada en 2016.

Se especializa en desarrollar dispositivos de alta resolución que ofrecen una claridad de visualización "comparable a la del ojo humano".

Su caso Varjo VR-1, se lanzó en febrero de 2019, y actualmente oferta el casco de realidad mixta Varjo XR-4, de 2024.



## 3.2.7 - PICO

La empresa matriz es la china Byte Dance, que nace en 2012 como agregador de noticias, y que en 2017 crea TikTok. En 2021 adquiere Pico, cuyos últimos productos de realidad virtual son el PICO 4 y el Pico 4 Enterprise, lanzados en 2022.

En 2024 esperaban sacar al mercado las Pico 5, pero es posible que finalmente abandonen el proyecto y se centren en un casco de realidad mixta.



## 3.2.4 - APPLE

Empresa estadounidense fundada en 1976 creadora del ordenador del mismo nombre, y de equipos móviles como portátiles, teléfonos y tablets.

Su primer producto de tecnología virtual, las gafas de realidad mixta Vision Pro, han sido lanzadas en EEUU en 2024, pero la venta en España y Portugal no tiene aún fecha oficial.



## 3.2.9 - SONY

Sony es una multinacional japonesa fundada en 1946, que además de crear cascos para su uso en la PlayStation tiene la intención de presentar a finales de 2024 unas gafas de realidad mixta para el entorno profesional en colaboración con la tecnológica Siemens.



## 3.2.10 - GOOGLE

¿Y qué pasa con esta gran tecnológica?. Pues por ahora no ha desarrollado ningún producto capaz y estable.

Su primer equipo en este campo fueron las Google Glass, unas gafas de realidad aumentada que salieron a la venta para los consumidores en 2014 y dejaron de producirse en 2015. En 2016 presentaron las gafas Daydream, para conectar al móvil. Daydream era una plataforma de realidad virtual sobre android que fue abandonada en 2020.

Ahora colabora con Samsung, y parece que presentará su propio sistema operativo para dispositivos de realidad mixta, Android XR OS, en 2024.



## 3.2.11 - SOMUNIUN SPACE

Somnium Space es una plataforma checa de realidad virtual abierta, social y persistente del mundo construida sobre Blockchain, creada en 2018. Es lo que conocemos como un Metaverso descentralizado.

Este Metaverso está desarrollando su propio casco de realidad virtual, el SomniumVR1 Headset, que se construirán en una plataforma abierta (tanto los ficheros 3D para impresión 3D como el código Android estarán a disposición de los usuarios) y venderá tanto la electrónica suelta como el casco completo. Para ello se ha unido a Prusa Research, desarrolladores principales del proyecto de código abierto RepRap y referencia mundial en impresión 3D, y con Vrgineers, Inc. creador de sistemas de capacitación con realidad virtual y mixta para clientes profesionales y militares.



Se espera su lanzamiento a lo largo de 2024.

## Características técnicas

En el ANEXO I, al final de este documento, se encuentran una serie de características técnicas de algunos de los cascos mencionados en el presente apartado.

## 4 - CASOS de ESTUDIO. Sector Naval

### 4.1 - Navantia

Los astilleros de Navantia utilizan las tecnologías de realidad virtual, aumentada y mixta de forma habitual en diversos procesos del diseño y la construcción de un buque.

A continuación se muestran algunas de estas utilizaciones virtuales.

**4.1.1 Asistencia al proceso de montaje** de una reductora (piñón más embrague) en la fábrica de Turbinas del Astillero de Ferrol con RA.



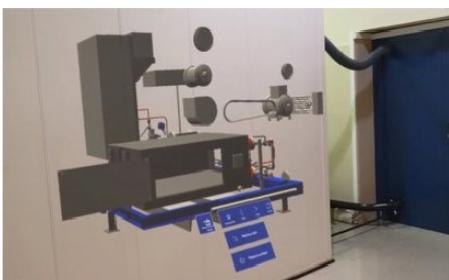
*FUENTE: Unidad Mixta de Investigación Navantia – Universidade da Coruña.*

**4.1.2 Teleasistencia con Comunicación Aumentada**, en el mantenimiento de una Curvadora en el taller de fabricación de tubos.



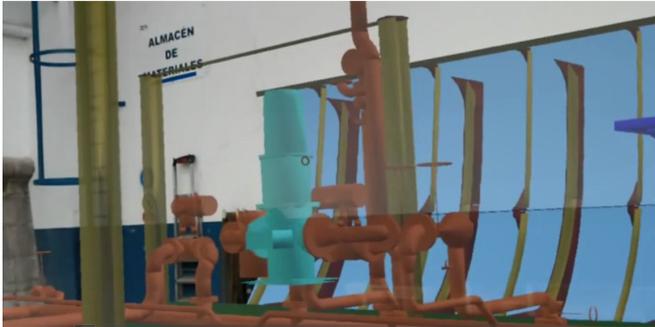
*FUENTE: Unidad Mixta de Investigación Navantia – Universidade da Coruña.*

**4.1.3 Asistencia al proceso de mantenimiento:** piloto de integración con Gemelo Digital de una unidad de acondicionamiento de aire, con acceso a información de los sensores (IoT).



*FUENTE: Unidad Mixta de Investigación Navantia – Universidade da Coruña.*

**4.1.4 Visualización del diseño de un buque** en un local vacío para prever dónde irá dispuesta la tubería para facilitar su montaje y comprobar interferencias.



*FUENTE: Unidad Mixta de Investigación Navantia – Universidad da Coruña.*

**4.1.5 Simulador puente de mando** de un buque para la mejora de la visualización y la disposición de dispositivos para capitán y oficiales.



*FUENTE: Unidad Mixta de Investigación Navantia – Universidad da Coruña.*

## 4.2 - Ingemar Naval Architects

La empresa de ingeniería naval aplica la RV en el diseño de buques y embarcaciones. Partiendo del gemelo digital, hacen sesiones de inmersión con los clientes, para validar y mejorar el diseño del mismo. Para ello emplean un software propio, VR Design, que desarrollaron con recursos propios y disponen de una sala especialmente adecuada a este trabajo de co-diseño virtual.

Tras la toma de las decisiones finales, la representación virtual sirve también para preparar a la tripulación en las particularidades del buque, incluso antes de su construcción.



*FUENTE: <https://vrdesign.es/>*

# Informe de estado del arte - RV/RA

## 4.3 - Wilbö

Utilizan la Realidad Mixta, con las gafas Hololens 2, para sus diseños navales. Entre otras capacidades toman dimensiones entre objetos digitales o entre objetos digitales y reales, también pueden mover y/o alinear objetos virtuales con los reales, y compartir todas estas experiencias virtuales para hacer diseños colaborativos.

Consiguen toda una serie de beneficios como conseguir una reducción de costes, reducción de viajes y detección de colisiones previa a la fabricación. Les permite comprobar si los montajes reales cumplen con los diseños, estudiar temas de ergonomía, y formar a los equipos, así como acceder en tiempo real a la documentación adjunta a los equipos y sistemas instalados.



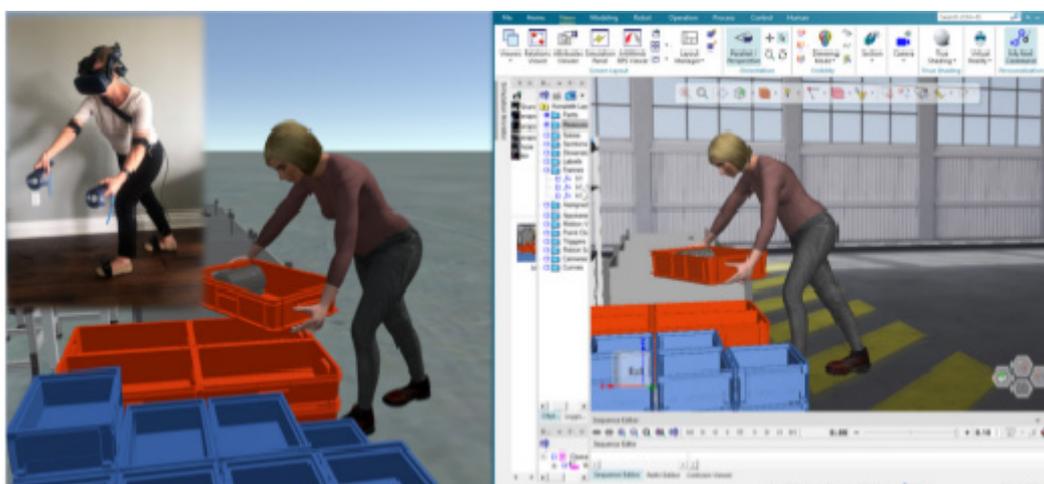
FUENTE: <https://willbo.es/archivos/652>

## 4.4 - Siemens

Trabajan con las aplicaciones virtuales la resolución de problemas complejos de diseño o fabricación en un entorno colaborativo, validación de procesos de montaje complejos, diseño de variantes, detección de errores de diseño, análisis de producción y mantenimiento, estudios ergonómicos (accesibilidad y usabilidad), capacitación del personal de montaje y formación de nuevo personal en buques y plataformas marinas.



Con la Realidad Virtual pueden crear diseños y simulaciones, montaje de prueba, por ejemplo, considerar el desempeño humano y entrenar para diversas tareas.



FUENTE: DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE Process Simulate Human Using digital human modeling throughout the product lifecycle to achieve continual improvement

## 5 - Lecciones aprendidas

Según SIEMENS, la realidad virtual está tecnológicamente preparada. Sin embargo, aunque existe un interés creciente por utilizarlo para aumentar las capacidades de desarrollo, muchos en la conservadora industria marítima todavía ven la realidad virtual como un juguete sin valor de ingeniería real. Esta renuencia a implementar la realidad virtual en todo su potencial obstaculiza una industria que se beneficiaría del desarrollo de un entorno digital verdaderamente maduro.

A continuación presentamos un breve resumen de los pros y los contras de la realidad aumentada y la realidad virtual:

### Ventajas de la realidad virtual

- Da un control absoluto sobre lo que verá el usuario.
  - Puede llegar a ofrecer experiencias altamente inmersivas, dado que lo controlamos todo: desde diseños que no podrían existir en el mundo real desde las leyes de la física, hasta la iluminación, los sonidos, etc.
  - Al haber diseñado todo lo que se ve, el usuario puede disponer siempre de pistas claras acerca de cuáles son los objetos y elementos con los que puede interactuar y cuáles son tan solo de relleno.
  - La RV, usando imágenes generadas por computadora, no tiene límites al crear entornos, demostraciones de productos o espacios en formas novedosas e interesantes.
  - Libertad de movimiento: una de las características distintivas de la RV es su capacidad para permitir el movimiento libre dentro del entorno virtual, lo que facilita la exploración detallada de modelos en 3D de grandes dimensiones, como los proyectos navales.
  - La RV ofrece una interactividad avanzada con los modelos en 3D, lo que resulta sumamente interesante para proyectos que requieren simulación avanzada.

### Desventajas de la realidad virtual

- Tiende a ser más cara. El límite inferior de gasto es más bajo en el caso de la AR.
  - Además, hoy en día, hablar de realidad virtual es hablar de headsets (cascos). Este tipo de equipación es bastante costoso.
  - La brecha digital hace que muchas personas tengan problemas para entender cómo funciona la VR, ya que esta depende mucho de los códigos tácitos de uso, que entienden principalmente quienes están acostumbrados.
  - Los estándares de RV se encuentran en una fase de adopción temprana y el contenido que se crea para una plataforma habitualmente no funciona para otra.
  - Con frecuencia, la RV es una experiencia aislante e individual - lleva a los usuarios a otro lugar y los retira del entorno. Este es el efecto opuesto del deseado en ciertos eventos donde el objetivo principal es unir a la gente para que interactúen como grupo o equipo.
  - Para las demostraciones, la RV es lenta. Se necesita tiempo para configurar el 'headset', probarlo/ajustarlo y explicar cómo funcionan los controles para que el usuario pueda acceder al contenido.
  - Sensaciones físicas. Los posibles efectos secundarios más comunes asociados a usar la Realidad Virtual son un ligero mareo, visión borrosa, cansancio ocular, dolor de cabeza u otros efectos visuales, aunque es un porcentaje pequeño de la población el que sufre esto.

## Ventajas de la realidad aumentada

- La principal ventaja de la realidad aumentada es que suele ser mucho más económica que la realidad virtual. Los desarrollos más sencillos pueden ser hechos en cuestión de horas.
- La forma más común y básica de AR no depende de un headset, y funciona simplemente a través del teléfono móvil de cada usuario. Por eso, es más accesible y fácil de usar.
- La mayoría de experiencias de este tipo se basan en los movimientos del cuerpo de la persona, y no en el uso de teclados o mandos con botones, por lo que incluso las personas menos tecnológicas pueden familiarizarse rápidamente con esta tecnología.
- Los últimos teléfonos y tabletas traen una importante funcionalidad de RA.

## Desventajas de la realidad aumentada

- Parte de lo que ve el usuario pertenece al mundo real, y por lo tanto existen mayores limitaciones a la hora de predecir lo que verá en cada momento, pues cambia en función de quien lo utilice y dónde. Esta característica, en aplicaciones laborales en las que es necesario contar con ambientes controlados, es una gran desventaja.

- El grado de inmersión que ofrece suele ser inferior al de la experiencia basada en VR, Por ejemplo la iluminación del entorno puede hacer inservible la experiencia de realidad aumentada.
- Los cascos/gafas de RA/RM (realidad mixta) profesionales son caros.
- Los controles de gestos son muchas veces complicados de usar.
- En el caso de recreación de entornos laborales industriales, la RA es más difícil de controlar, por tanto, es menos segura.
- Los dispositivos de RA suelen tener un campo de visión limitado, lo que puede afectar la experiencia inmersiva y restringir la visualización de modelos en 3D de gran tamaño.
- En entornos con poca luz, la precisión del seguimiento de los dispositivos de RA puede resultar comprometida, lo que afecta la calidad de la experiencia.
- Aunque permite cierto nivel de interacción, la RA no ofrece la misma libertad de movimiento y manipulación de objetos que la RV, lo que puede limitar su utilidad en proyectos que requieren una interacción muy compleja.

## La Inteligencia Artificial

Mención aparte se merece esta tecnología, pues aparentemente puede provocar un enorme salto en muchos campos de la vida tanto personal como laboral, y su efecto en la realidad virtual y aumentada no va a ser menor.

Según Ricardo Cárdenas a IA es un campo de la informática que se enfoca en desarrollar sistemas inteligentes que pueden aprender, razonar, planificar y tomar decisiones. En el contexto de la realidad virtual y aumentada, la IA se utiliza para mejorar la capacidad de los sistemas para procesar información en tiempo real, personalizar la experiencia del usuario y mejorar la precisión y calidad de los datos.

Por un lado mejorando la capacidad de reconocimiento de objetos, mejorando su detección y acelerando el proceso. Por otro lado personalizado las experiencias, por ejemplo, ajustando la dificultad de una práctica virtual al nivel de pericia del usuario, variando la información de apoyo que se le proporciona. O también mejorando la calidad y el manejo de los gráficos.

Aunque para ello habrá que salvar obstáculos como por ejemplo la falta de datos relevantes para entrenar a la IA, o la preservación de los datos personales de los usuarios.

## ANEXO I

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS de los EQUIPOS RX

Se muestran a continuación algunas de las características más relevantes de algunos de los equipos de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Mixta mencionados con anterioridad.

#### META QUEST 3

Procesador	Snapdragon XR2 Gen2
RAM	8GB
Almacenamiento	128 GB, 512 GB
Tipo de panel	Lentes Pancake
Resolución	2064 × 2208   1218 PPI   25 PPD
Tasa de refresco	72 Hz, 80 Hz, 90 Hz, 120 Hz
Campo de visión	110 horizontal/96 vertical
Plataforma	Meta Quest
Puertos y conexiones	USB C   Air Link   Wifi 6
Seguimiento manos y/o cuerpo	Seguimiento de manos con mando, permite tres gestos sin manos
Seguimiento ocular	No
Conexión o inalámbrico	Ambos
Precio orientativo	549,99€



# Informe de estado del arte - RV/RA

## META QUEST PRO

Procesador	Snapdragon XR2+ Gen1
RAM	12GB
Almacenamiento	256 GB
Tipo de panel	Lentes Pancake
Resolución	1800 × 1920   1058 PPI   22 PPD
Tasa de refresco	90 Hz
Campo de visión	106 horizontal/96 vertical
Plataforma	Meta Quest
Puertos y conexiones	USB C   Air Link   Wifi 6
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Ambos
Precio orientativo	1199,99€



## VIVE XR ELITE

Procesador	Qualcomm® Snapdragon™ XR2
RAM	12 GB
Almacenamiento	128 GB
Tipo de panel	Lentes Pancake
Resolución	1920 x 1920
Tasa de refresco	90 Hz
Campo de visión	110
Plataforma	SteamVR, Viveport
Puertos y conexiones	USB C   Bluetooth 5.2   Wifi 6
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Ambos
Precio orientativo	1.419,00 €

# Informe de estado del arte - RV/RA

## HOLOLENS 2

Procesador	Qualcomm Snapdragon 850
RAM	4 GB
Almacenamiento	64 GB
Tipo de panel	Lentes holográficas transparentes
Resolución	2000 motores de luz 3:2
Tasa de refresco	75 Hz
Campo de visión	50
Plataforma	PC   Android   IOS
Puertos y conexiones	USB C   Wi-Fi 5   Bluetooth 5
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Inalámbricas
Precio orientativo	3.849,00 €



## VARJO XR - 4

Procesador	No tiene
RAM	No tiene
Almacenamiento	No tiene
Tipo de panel	Aspheric lenses
Resolución	3840 x3744
Tasa de refresco	90 Hz
Campo de visión	120° x 105°
Plataforma	SteamVR
Puertos y conexiones	Display Port   USB-C
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si, usando Ultraleap's Leap Motion Controller 2 (167,23 €)
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Conexión
Precio orientativo	3.990 €



# Informe de estado del arte - RV/RA

## MAGIC LEAP 2

Procesador	Quad-core Zen2
RAM	16GB
Almacenamiento	256GB
Tipo de panel	Waveguides
Resolución	1440x1760
Tasa de refresco	120 Hz
Campo de visión	70°
Plataforma	Magic Leap OS / Android
Puertos y conexiones	USB C   Wifi   Bluetooth
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Inalámbricas
Precio orientativo	5.414,48



## PICO 4

Procesador	Qualcomm® XR2
RAM	8 GB
Almacenamiento	128 GB
Tipo de panel	Lentes Pancake
Resolución	2160 × 2160
Tasa de refresco	72 Hz/90 Hz
Campo de visión	105°
Plataforma	Pico OS 5.0
Puertos y conexiones	USB C   Wifi   Bluetooth
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Ambos
Precio orientativo	389,00€



# Informe de estado del arte - RV/RA

## APPLE VISION PRO

Procesador	Apple M2, Apple R1
RAM	16 GB
Almacenamiento	256GB
Tipo de panel	Pancake lenses
Resolución	3660x3200
Tasa de refresco	100 Hz
Campo de visión	Entre 100° y 120° horizontales y 90°
Plataforma	Vision OS
Puertos y conexiones	USB C   Wifi   Bluetooth
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Inalámbrico
Precio orientativo	\$3499



## VALVE INDEX

Procesador	No tiene
RAM	No tiene
Almacenamiento	No tiene
Tipo de panel	Dual-element canted Fresnel lenses
Resolución	1440x1600
Tasa de refresco	144 Hz
Campo de visión	108°
Plataforma	SteamVR
Puertos y conexiones	DisplayPort 1.2, USB 3.0
Seguimiento manos y/o cuerpo	No
Seguimiento ocular	No
Conexión o inalámbrico	Conexión
Precio orientativo	799€



# Informe de estado del arte - RV/RA

## SONY HDM (próximamente)

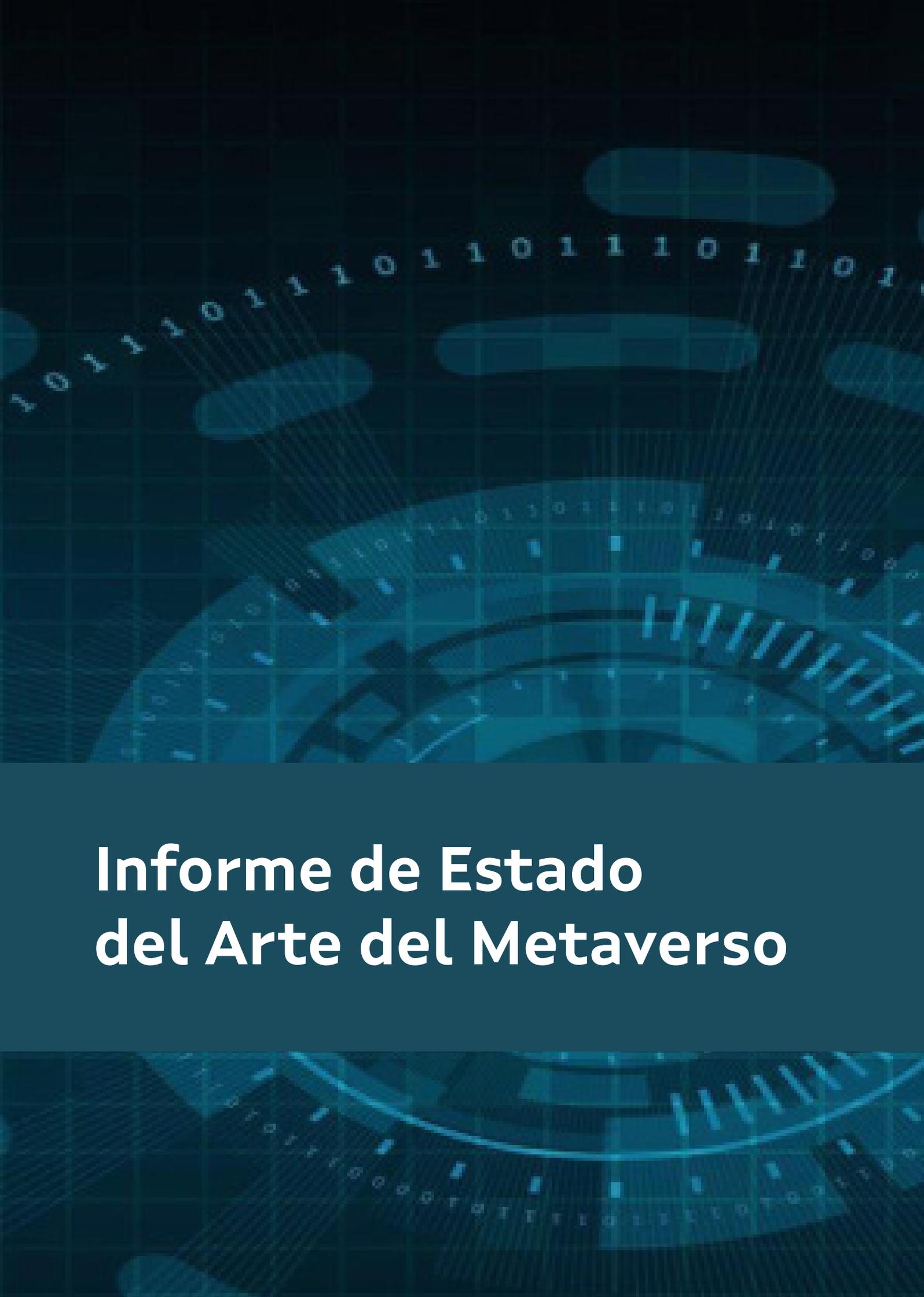
Procesador	Chip Qualcomm XR2 Gen2
RAM	Sin información
Almacenamiento	Sin información
Tipo de panel	MOLED
Resolución	4k
Tasa de refresco	Sin información
Campo de visión	Sin información
Plataforma	Android
Puertos y conexiones	Sin información
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Ambas
Precio orientativo	Sin información



## SOMNIUM SPACE (próximamente)

Procesador	Sin información
RAM	Sin información
Almacenamiento	Sin información
Tipo de panel	QLED Mini-Led
Resolución	2880x2880
Tasa de refresco	120 Hz
Campo de visión	125°
Plataforma	Steam VR
Puertos y conexiones	USB C
Seguimiento manos y/o cuerpo	Si
Seguimiento ocular	Si
Conexión o inalámbrico	Sin información
Precio orientativo	1.899€



The background is a dark blue, monochromatic digital aesthetic. It features a faint grid pattern overlaid with various elements: curved lines of binary code (0s and 1s) that appear to be part of a larger circular or spherical structure, and several horizontal, pill-shaped highlights in a slightly lighter shade of blue. The overall effect is that of a futuristic, data-driven environment.

# **Informe de Estado del Arte del Metaverso**

## 1 - Introducción

En las jornadas sobre Tecnologías Innovadoras del CIS Tecnología e Diseño (GAIN) en el año 2022, se trató en una mesa redonda el tema del presente y futuro del Metaverso. En ella participaron expertos en desarrollo de modelos 3D y espacios en el metaverso, expertos en blockchain, IoT, ciberseguridad y derecho digital. Ya en aquel momento se veía que esta tecnología, que estaba aún en una etapa muy inicial, había llegado para quedarse y se le pronosticaba un enorme futuro, principalmente en el mundo industrial.

En el artículo publicado por GAIN con la convocatoria a la jornada ([https://www.cistecnologiaediseño.gal/wp-content/uploads/2022/10/Art%C3%ADculo\\_Metaverso\\_CAST-1.pdf](https://www.cistecnologiaediseño.gal/wp-content/uploads/2022/10/Art%C3%ADculo_Metaverso_CAST-1.pdf)) se desglosaban los conceptos más relevantes que rodean a un metaverso. Este informe sigue teniendo interés como lectura introductoria para las personas que quieran tomar contacto con el mundo del metaverso.

Como concepto relativamente nuevo, el Metaverso no tiene una definición consensuada, algo similar a lo que le ocurre al término Gemelo Digital. En ambos casos la definición dada por una empresa suele circunscribirse a lo que esa empresa puede ofertar a sus clientes en un momento dado.

En cuanto al ámbito industrial, podemos considerar el metaverso industrial como la próxima generación de la Industria 4.0, que influirá en cómo se diseñan los productos y se disponen las fábricas.

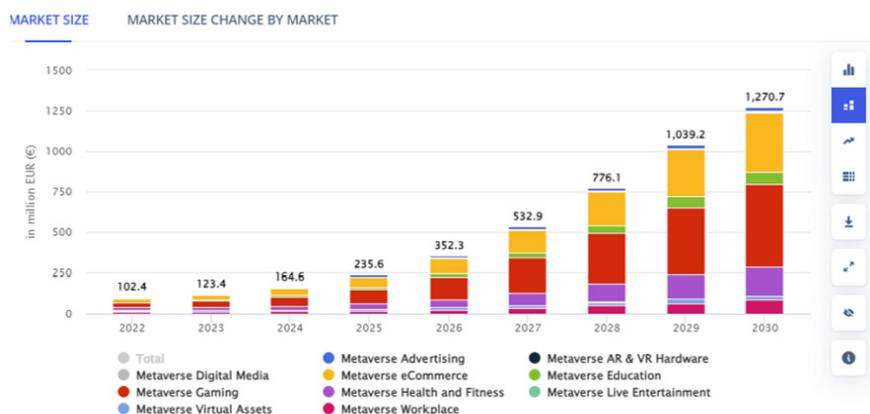
Roland Busch, director Ejecutivo de Siemens, en el Consumer Electronics Show (CES) de 2024 definió el metaverso industrial como un mundo virtual e inmersivo en el que las personas y la inteligencia artificial podrán colaborar para resolver problemas reales y acelerar la innovación.

En este documento intentaremos exponer las capacidades que el metaverso puede aportar a las empresas en relación con el gemelo digital.

En el informe Tendencias Tecnológicas para 2024 de Deloitte (<https://metaverse-news.es/el-metaverso-industrial-y-la-ia-generativa-seran-tendencia-en-2024-segun-deloitte/>) se indica que las empresas innovadoras se centran en los gemelos digitales, la simulación espacial, las instrucciones de trabajo virtualmente aumentadas y los espacios digitales colaborativos, que hacen que las fábricas y las empresas sean más seguras y eficientes.

Según este informe se prevé que los ingresos del metaverso industrial alcancen los 100.000 millones de dólares en 2030.

El 92% de los ejecutivos de las empresas manufactureras encuestados confirmaron que su empresa está experimentando o implementando al menos un caso de uso relacionado con el metaverso, y que con ello esperan conseguir mejoras de entre el 12 % y el 14 % en ventas, en rendimiento y/o en calidad. Además el 33% de esas empresas ya han implantado gemelos digitales.



Notes: Data shown is using current exchange rates and reflects market impacts of the Russia-Ukraine war.

Most recent update: Oct 2023

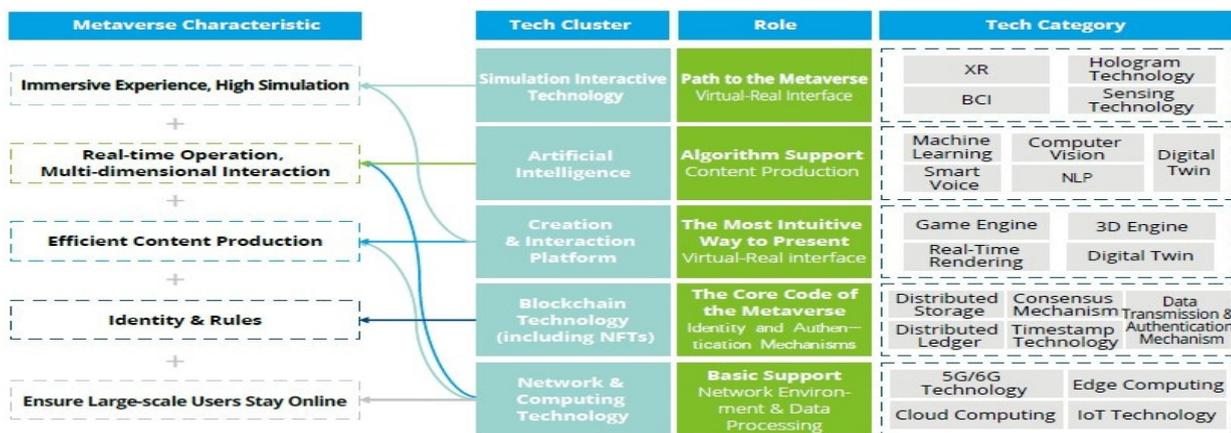
Fuente: Statista Market Insights

La web Statista predice en la gráfica anterior como será la evolución del metaverso en Portugal hasta el año 2030. Para España proponen una curva similar, algo más alta, con un crecimiento también exponencial en los próximos años.

La forma óptima de interactuar con estos mundos virtuales es principalmente a través de la realidad virtual y aumentada y, como resultado, se estima que el mercado global de este tipo de dispositivos ascenderá a 38.600 millones de dólares en 2024, con una tasa de crecimiento anual del 36 % hasta 2030, tanto para el software como para el hardware de tecnologías virtuales.

## 2 - Tecnologías

Un metaverso industrial requiere una variedad de tecnologías para crear entornos virtuales que puedan simular procesos de fabricación, colaboración remota, capacitación o visualización de datos en tiempo real entre otras.



Tecnologías necesarias para los escenarios y características del Metaverso

La más evidente de todas ellas es la del modelo 3D del equipo o instalación que queremos reproducir. En este sentido hay muchas herramientas 3D que permiten la generación de los modelos y su exportación al metaverso.

La inminente Web 3.0 promete eliminar la frontera entre el contenido digital y los objetos físicos, fusionando efectivamente estas dos realidades en una sola.

Por su parte las comunicaciones 6G, que prometen velocidades de 100 veces las actuales redes 5G, junto a la tecnología oncloud y el edge computing harán que las simulaciones funcionen sin retrasos (lag) y las experiencias virtuales sean de verdad inmersivas y realistas.

Con estos medios se podrá disponer de poderosas redes de comunicación conectadas con los sensores de IoT en una fábrica, procesando datos de producción y rendimiento en tiempo real, sobre los que trabajarán la IA y el Machine Learning, así como simulaciones basadas en físicas.

Como vemos, las tecnologías del gemelo digital y del metaverso son concurrentes en el uso de tecnologías disruptivas: simulación digital, IoT, tecnología cloud, edge computing, IA, machine learning, y las realidades virtual y aumentada. Esto respalda la inclusión en el proyecto Twin Navaux del estudio de los metaversos en relación a su utilización con los gemelos digitales de producto.

En la adopción de una nueva tecnología la cuestión de la interoperabilidad entre los datos de unas herramientas digitales y otras es fundamental.

En este sentido el Metaverse Standards Forum (<https://metaverse-standards.org/>), trabaja en un protocolo de interoperabilidad que se espera que vea la luz a lo largo del año 2024.

Fundado en junio de 2022, es un consorcio sin fines de lucro donde se han unido asociaciones, empresas e instituciones relacionadas con los estándares, las cuales cooperan para fomentar la interoperabilidad, trabajando para que las diferentes plataformas del metaverso puedan unirse para crear un único Metaverso, unificado y accesible, al estilo de las páginas web actuales.

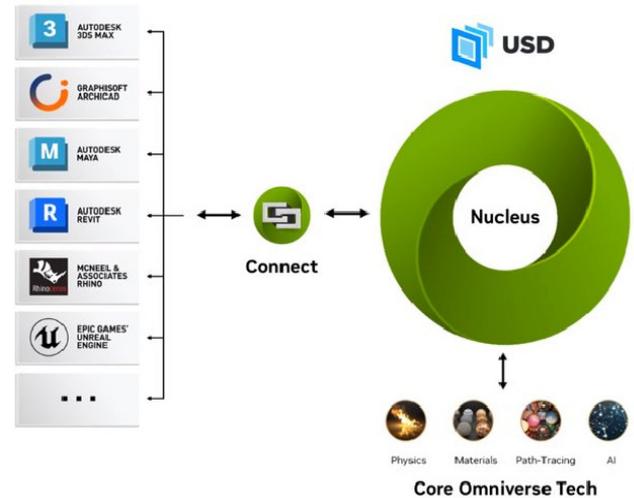
El trabajo se divide en distintos grupos entre los que se encuentra el de "Interoperabilidad industrial del metaverso": el metaverso industrial permite la colaboración entre equipos geográficamente dispersos a través de entornos virtuales, avatares expertos, gemelos digitales, visualización de datos, AR/VR y el concepto emergente de Realidad Compartida (SR).

Dos estándares muy relacionados con este tema son el OpenXR, que es abierto y permite soporte para realidad virtual, aumentada y mixta, para todo tipo de hardware y software, y el WebXR, que es un estándar de los navegadores web para gestionar aplicaciones virtuales.

Otro grupo es el de "Interoperabilidad de activos 3D con USD (Universal Scene Description) y glTF", que pueden definir el lenguaje 3D dentro del metaverso.

Tal y como comenta NVIDIA, nos encontramos en el umbral del próximo gran avance de la web: el advenimiento de Internet 3D o metaverso. En lugar de vincular páginas 2D, el metaverso vinculará mundos virtuales. Los sitios web se convertirán en espacios 3D interconectados similares al mundo en el que vivimos y experimentamos todos los días.

Cree NVIDIA que la primera versión de ese estándar 3D ya existe. Se trata de Universal Scene Description (USD), un ecosistema abierto y extensible para describir, componer, simular y colaborar en mundos 3D, creado por Pixar Animation Studios, se puede descargar de forma gratuita de GitHub.



El formato USD es una descripción de escena: un conjunto de estructuras de datos y API para crear, representar y modificar mundos virtuales. Una de las características más reseñables es que diferentes usuarios pueden modificar la escena compuesta en diferentes capas y sus ediciones no serán destructivas, pudiendo acceder además con diferentes herramientas software.

Un ejemplo de esta capacidad la muestra el metaverso Omniverse de NVIDIA en el que se puede acceder desde distintos programas de diseño a la misma escena: 3DMax, Archicad, Blender, Cinema 4D, Sketchfab o Rhinoceros.

NVIDIA cree que USD debería poder convertirse en el HTML del metaverso.

También encontramos a Khronos Group, IEEE SA's, Metaverse Standards Committee, and World Metaverse Council, trabajando conjuntamente para avanzar en la interoperabilidad y la regulación del metaverso.

## 3 – Casos de uso

En cuanto a su aplicabilidad, según Deloitte las aplicaciones del metaverso industrial podrían dividirse en hasta cuatro ecosistemas distintos: producción (detección de calidad, inteligencia de activos de fábrica y desarrollo de productos), cadena de suministro (mapeo de redes de suministro, almacenamiento digital y torres de control), cliente (servicios posventa y experiencias virtuales de productos) y talento (reclutamiento y formación).

En el ámbito del diseño y la ingeniería, por ejemplo, se utiliza para crear modelos tridimensionales para realizar simulaciones y pruebas de prototipos virtuales antes de la implementación en el mundo real. Para ello, se emplea el mismo principio del gemelo digital, capaz de simular condiciones y características exactas a la realidad. En un caso particular como el del sector energético, el metaverso industrial posibilita la monitorización en tiempo real de instalaciones, la capacitación de los empleados y otras operaciones comerciales. En la logística, los entornos visuales facilitan la planificación y el seguimiento de la cadena de suministro.

Vemos por lo tanto que tiene una gran utilidad en diversos sectores y en muy diversas tareas dentro de cada sector.

Tal y como indica Iberdrola, la aplicación del metaverso en el mundo industrial puede conllevar una serie de ventajas significativas para las empresas, entre ellas:

### • Optimización de procesos

Permite la simulación y optimización de procesos, lo que ofrece una mayor eficiencia operativa y ahorro de costos, entre ellos la reducción de residuos.

# Informe de estado del arte - METAVERSO

## • Gestión remota

Facilita la supervisión y gestión remota de activos y sistemas, reduciendo la necesidad de estar físicamente presente en el lugar de trabajo. Reducción de viajes y todo lo que ello conlleva.

## • Reducción de riesgos

Permite identificar posibles problemas o riesgos de modo preventivo. Esto disminuye la probabilidad de incidentes causados por estos problemas y mejora la seguridad en el lugar de trabajo.

## • Colaboración global

Facilita la colaboración entre equipos distribuidos geográficamente al proporcionar un entorno virtual compartido para trabajar en conjunto.

## • Entrenamiento y formación

Ofrece oportunidades de entrenamiento y formación más inmersivas, realistas y efectivas, especialmente en industrias donde la capacitación es crucial, así como mejores procesos de onboarding en la empresa.

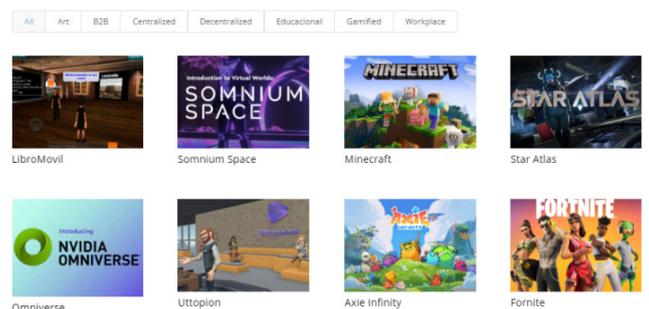
## • Aumento de la productividad

Al reducir el tiempo de inactividad, optimizar la producción y agilizar los procesos, el uso del ecosistema del metaverso industrial aumenta la productividad general de la empresa al mejorar la capacidad de toma de decisiones, entre otros, se producirá una reducción de consumos de energía.

En definitiva, como apunta Metaverse-news, en el metaverso industrial toda la innovación se producirá en un mundo que permite un nuevo nivel de colaboración inmersiva. Las personas pueden romper las barreras geográficas y trabajar juntas a través de continentes y países. Todo el mundo puede experimentar con nuevas ideas de forma rápida y sencilla, sin invertir en recursos físicos ni correr riesgos, ni físicos ni económicos.

Deloitte indica como experiencias de referencia las plataformas de BMW y de Siemens desarrolladas sobre el metaverso Omniverse, de NVIDIA, así como la unión de Hyundai Motor y Unity (uno de los motores de generación de aplicaciones de RV/RA más implantados, junto a Unreal Engine) para que sus nuevas fábricas sean completamente planificadas y simuladas primero en el mundo digital.

Para tener una idea sobre qué metaversos existen actualmente, podemos visitar la web WorldsVerseIndex.org, donde se puede encontrar un extenso listado de Metaversos. Puede ser un buen lugar para empezar a buscar aquel que más se acerca a las necesidades de cada entidad.



Además de muchos metaversos donde se puede acceder a juegos (al estilo de Minecraft, Fornite, Roblox), y otros de carácter social (al estilo de Second Life), también aparecen algunos enfocados en la empresa y en la industria como, por ejemplo, el Omniverse de NVIDIA.

## Descentralizada

Las tareas de supervisión y toma de decisiones no son realizadas por una persona o grupo propietario de la plataforma sino por todos los participantes, desde diversas localizaciones.

## Centralizada

Se rige por una o varias organizaciones que normalmente son las empresas creadoras del mundo virtual.

### DECENTRALAND (<https://decentraland.org/>)

Es un metaverso descentralizado, con código abierto, creado sobre la blockchain de Ethereum. Fue creada en 2015 y funciona bajo el modelo MMORPG (juego de rol multijugador en línea). Las empresas lo usan principalmente para temas comerciales. Es uno de los metaversos más antiguos.



### SOMNIUM SPACE (<https://somniaespace.com/>)

Es un metaverso descentralizado, fue lanzado al público en 2018 y está creado sobre la blockchain de Ethereum. Es de código abierto y ha sido diseñado para funcionar a través de dispositivos de realidad virtual como Oculus, Rift y HTC Vive. Está finalizando el diseño y la fabricación de un casco de realidad mixta propio, que prevén lanzar en 2024.



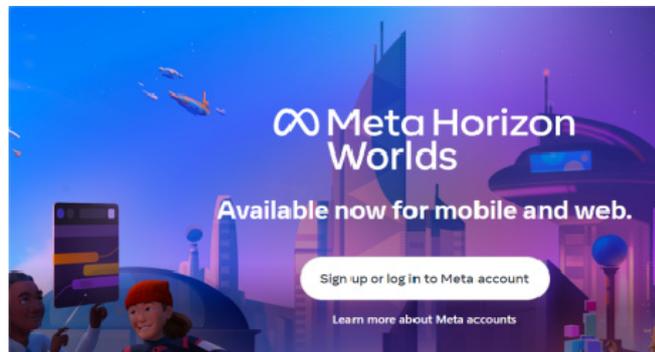
### SANDBOX (<https://www.sandbox.game/en/>)

Fue fundado por en el 2012 como un simple juego. En 2018, Animoca Brands adquiere la empresa e introduce el 3D y el blockchain de Ethereum dentro del mismo convirtiéndolo en un metaverso descentralizado.



## HORIZON (<https://horizon.meta.com/>)

Es un metaverso centralizado, propiedad de Meta, ofrece juegos online y eventos en vivo, desde conciertos hasta deportes.



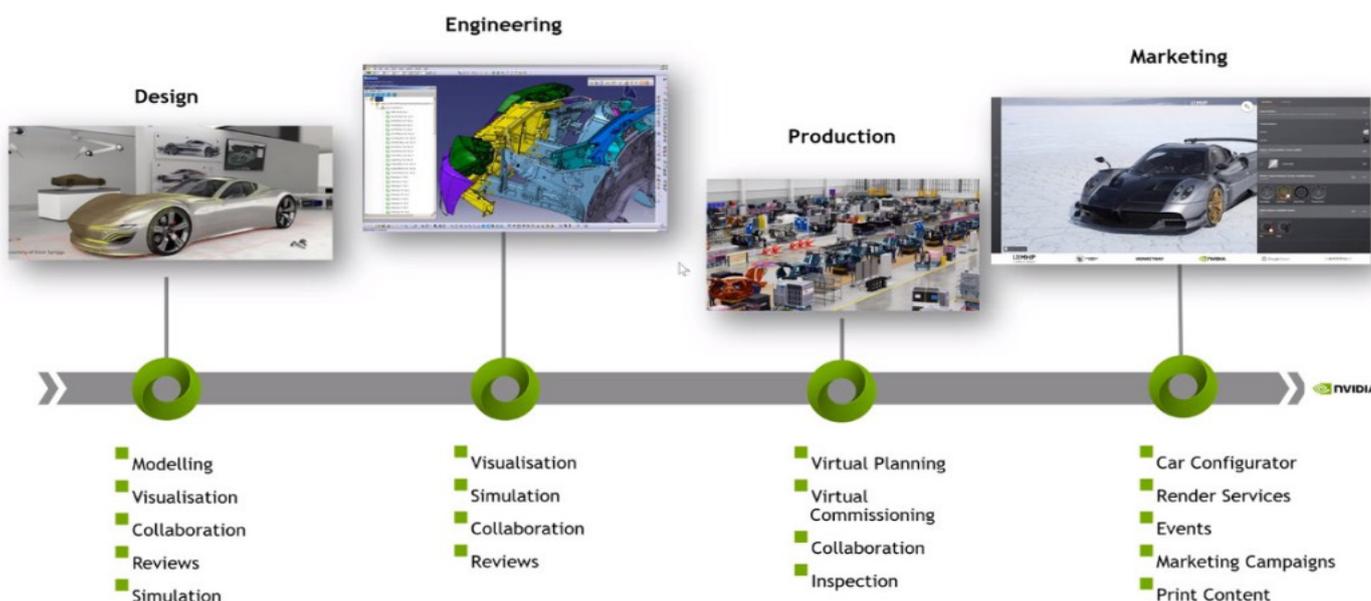
## VIVERSE (<https://www.viverse.com/>)

De HTC, es un metaverso centralizado para empresas enfocada en una visualización avanzada 3D de alta fidelidad para la colaboración virtual, la capacitación o las presentaciones de productos. Permite construir sin apenas esfuerzo oficinas virtuales, salas de exposición y otros espacios inmersivos mediante módulos prediseñados y modelos en 3D.



## OMNIVERSE (<https://www.NVIDIA.com/es-es/omniverse/>)

Es un metaverso centralizado propiedad de NVIDIA, y aparentemente el único metaverso que nace con orientación clara al mundo de los procesos industriales.



Está basado en la nube, y soporta herramientas para conectar, construir y operar gemelos digitales, avatares basados en IA y servicios de automatización.



FUENTE: Colaboración Siemes – NVIDIA

Construido sobre el estándar Universal Scene Description (USD) y las tecnologías NVIDIA RTX e IA, permite crear aplicaciones avanzadas de simulación 3D en tiempo real para casos de uso de digitalización industrial, con una codificación mínima.

También en busca de la interoperabilidad, NVIDIA ha creado junto a Pixar, Adobe, Apple y Autodesk la Alliance for OpenUSD para impulsar estándares abiertos para contenido 3D. Al mismo tiempo, la empresa fabricante de equipos de realidad mixta VARJO ha elegido este metaverso para dar soporte a aplicaciones con trazado de rayos fotorrealistas en tiempo real.

Estas alianzas de empresas punteras en tecnología con el metaverso Omniverse hacen pensar que esta solución de NVIDIA puede tener un futuro enorme en el sector industrial. Otro aspecto que lo corrobora es que ya trabajan en el metaverso Omniverse empresas industriales punteras de diversos ámbitos como BMW, BYD, SIEMENS, ERICSSON, AMAZON o PEPSICO.

## 4 - Lecciones aprendidas

El uso generalizado y mejorado de los gemelos digitales será el núcleo del metaverso industrial. La tecnología de gemelos digitales, en sus diversas acepciones, ya existe desde hace muchos años y forma parte de muchos programas de digitalización y actual transformación de la Industria 4.0. Por lo tanto la primera etapa del Metaverso Industrial ya está avanzada.

En los próximos años la extensión de los conceptos de gemelo digital, desplegándose en el metaverso, permitirá cubrir toda la organización a nivel operativo, de gestión y estratégico. La convergencia de varias tecnologías clave está proporcionando un fuerte impulso para el desarrollo del Metaverso Industrial actualmente y seguirá así en los próximos años.

Como hemos indicado, estamos en el comienzo del diseño del metaverso y para conseguir un funcionamiento óptimo, además de en la interoperabilidad, habrá de trabajarse en una serie de retos:

- La **seguridad**, protección y privacidad (SSP): a medida que aumenta la conectividad entre las personas y la tecnología y se generan muchos más datos, aumenta también la preocupación por la privacidad, la seguridad y la protección.
- La **leyes**, reglamentos y protecciones: los usuarios del Metaverso y su propiedad intelectual también tienen que estar protegidos dentro del entorno virtual. Por ello, los negocios recién descubiertos, como las fichas no fungibles (NFT), tendrán que integrarse en el ecosistema virtual.
- Las **finanzas**: utilizar criptomonedas es todo un reto. Hacerlo en el Metaverso complicará aún más un sistema de pagos ya de por sí poco fiable.
- La **interoperabilidad**: la interoperabilidad requiere normas para conectar a los individuos con activos y derechos, representación 3D para fines de visualización, para la caracterización de objetos y para intercambio de datos para compartir la propiedad y los permisos.
- La **latencia**: la latencia es el tiempo de retraso entre una acción y su respuesta en el metaverso. Para una experiencia fluida, la latencia debe ser mínima. Esto se logra a través de redes de alta velocidad y tecnologías como el 5G - 6G.
- Los **gráficos**: mejorar la calidad gráfica es esencial para aumentar la inmersión en el metaverso. Esto implica el desarrollo de gráficos más realistas, hardware más potente y mejora de las tecnologías Edge.
- La **interacción natural**: para que el metaverso se sienta auténtico, la interacción debe ser lo más natural posible. Esto incluye la incorporación de gestos, voz y seguimiento ocular para que las interacciones virtuales se asemejen a las del mundo real.

Pero no todo es positivo, y Deloitte enfatiza en que abrir el mundo físico a la manipulación digital conlleva una buena cantidad de problemas de privacidad (por ejemplo a medida que se expande la visión por computadora), problemas de ciberseguridad (a medida que el mundo físico se vuelve accesible a los ataques informáticos), así como problemas de protección de datos.

Coinciden con esta visión las empresas participantes en el Proceso Participativo desarrollado dentro del proyecto Twin NavAux en marzo de 2024, en el que muchas de ellas indicaron que el tema de la ciberseguridad es uno de los mayores riesgos que ven para la adopción del gemelo digital.

# Interreg



Cofinanciado por  
la Unión Europea  
Cofinanciado pela  
União Europeia

## España – Portugal

### TwinNavAUX



Asociación Cluster del Naval  
Gallego (ACLUNAGA)



Universidad de da  
Coruña (UDC)



Industrias Ferri SA



Ibercisa Deck Machinery SA



Electrorayma SL



Centro de Apoio Tecnológico à  
Indústria Metalomecânica (CATIM)



Universidade Portucalense  
Infante Dom Henrique