

PREVENCIÓN Y RETOS 4.0

**R-EVOLUCIÓN INDUSTRIAL:**  
MÁS SEGURA  
MÁS PRODUCTIVA  
MÁS HUMANA

# REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA

EN PREVENCIÓN DE  
RIESGOS LABORALES



PREVENCIÓN Y RETOS 4.0

**R-EVOLUCIÓN INDUSTRIAL:**

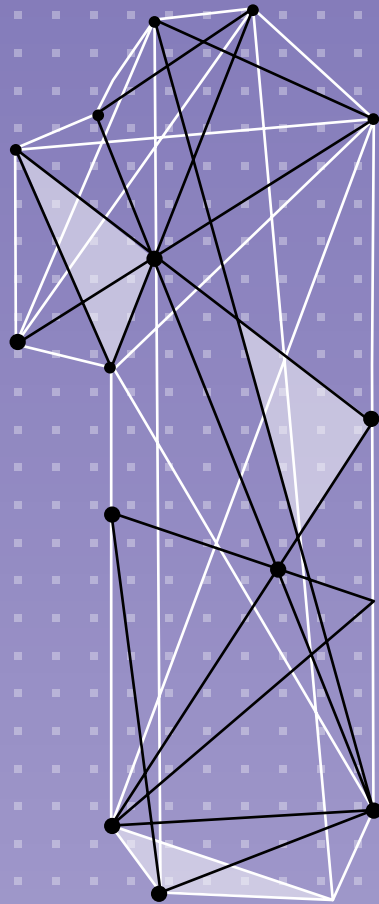
MÁS SEGURA  
MÁS PRODUCTIVA  
MÁS HUMANA

# REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA

EN PREVENCIÓN DE  
RIESGOS LABORALES

## ÍNDICE

<b>1</b>	INTRODUCCIÓN	>>3
<b>2</b>	APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA	>>11
<b>3</b>	VENTAJAS DEL USO DE REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA	>>16
<b>4</b>	CONSIDERACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA EN LA EMPRESA	>>19
<b>5</b>	RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL USO DE REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA	>>22
<b>6</b>	RETOS Y DESAFÍOS	>>29



# INTRODUCCIÓN

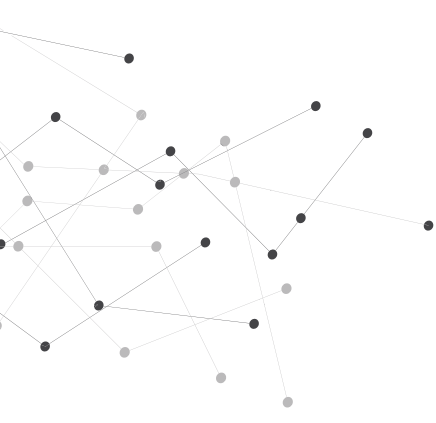
## Orígenes históricos de la realidad virtual

Los orígenes de la realidad virtual no están claramente definidos, sin embargo, las primeras referencias se remontan al año 1838, cuando el inventor británico Charles Wheatstone creó el primer estereoscopio, una especie de gafas en las que se colocaban dos fotografías distintas en cada ojo creando una imagen 3D en el cerebro, la cual, por primera vez, daba sensación de profundidad.

El siguiente hito aparece en 1958, momento en el que la compañía Philco Corporation diseña un sistema que crea entornos artificiales a los que las personas accedían utilizando un casco que actuaba como dispositivo visual y que se controlaba mediante movimientos de cabeza para realizar los desplazamientos. Poco a poco, esta tecnología fue avanzando, hasta que en los años 70 se impulsa gracias a la NASA, que la empleaba para crear entornos interactivos en los que las personas participaban realizando movimientos con todo su cuerpo. Las posibilidades de la realidad virtual comenzaron a expandirse, incorporando un sinfín de alternativas que mejoraban la experiencia de la persona usuaria pudiendo mover objetos gráficos, crear entornos tridimensionales e interactuar con más gente, lo que permitió su aplicación en diversos ámbitos, desde el entretenimiento hasta su uso doméstico, científico y laboral.

En la actualidad, la realidad virtual y aumentada son algunas de las tecnologías que permiten a las empresas industriales introducirse en la Industria 4.0. Ambas utilizan elementos virtuales, una crea entornos virtuales inmersivos (realidad virtual) y la otra incorpora elementos virtuales al mundo real (realidad aumentada), aportando información extra de utilidad.





## Definiciones. ¿Qué son la realidad virtual y la realidad aumentada?

Se entiende por **realidad virtual (RV)**, el entorno digital y tridimensional creado por ordenador, u otros sistemas informáticos, en el que una persona se siente inmersa en un espacio aparentemente real con cuyos elementos puede interactuar en mayor o menor medida.

Los objetivos de esta tecnología son:

- Generar un entorno lo más fiel posible a una realidad física determinada, “sustituyéndola”.
- Construir un entorno irreal pero posible, en el que se elimina la frontera entre lo real e irreal y se difuminan los límites que separan ambos mundos.

La realidad virtual ideal aspira a alcanzar una inmersión total y una interacción ilimitada con el mundo digital y devolver a la persona las mismas sensaciones que capta a través de sus sentidos. Sin embargo, la mayor parte de los sistemas actuales permiten percibir únicamente los sentidos de la vista y oído debido a las dificultades técnicas y económicas de simular el resto de los sentidos.



La **realidad mixta** es aquella que se encuentra entre un entorno real y otro puramente virtual. Permite visualizar elementos virtuales superpuestos sobre el mundo real y también modificarlos.



La realidad mixta se subdivide en dos: **realidad aumentada** (más cercana a la realidad) y **virtualidad aumentada** (más próxima a la virtualidad pura) (Paul Milgram y Fumio Kishino, 1994).

Según *Ronald Azuma (1997)*, la **realidad aumentada (RA)** debe cumplir tres requisitos:

- Combinar elementos virtuales y reales.
- Permitir interactividad en tiempo real.
- Almacenar información en 3D.

La diferencia principal entre la realidad virtual y la aumentada es que **en la realidad virtual el mundo físico “desaparece” al crearse un entorno digital que ofrece sensación total de realidad; mientras que en la realidad aumentada el mundo real continúa presente y es mejorado incorporando información digital adicional.**

Tal y como se puede observar, la realidad virtual y otras tecnologías 3D contribuyen a la fusión del mundo digital y el real, es lo que se conoce como **realidad extendida (XR)**. Esta abarca todo el espectro de la realidad, desde lo virtual hasta lo físico, incluido todo lo que se encuentra en el medio (desde interfaces tangibles, realidad aumentada y virtualidad aumentada [realidad mixta], realidad virtual, telepresencia, etc.). La realidad extendida permite el solapamiento del entorno digital y el real, donde el componente virtual amplía e influye la realidad, al tiempo que lo físico y real se mantiene en el espacio virtual.





## ¿Cómo funciona la realidad virtual?

Como se ha comentado anteriormente, **la realidad virtual es un tipo de sistema digital con una interfaz que genera ambientes artificiales dentro de equipos diseñados para tal fin, representando una realidad ilusoria en tiempo real. Dicha realidad puede ser percibida pero no tocada, ya que solo existe en los equipos correspondientes.**

Para crear el entorno virtual, esta tecnología utiliza un lenguaje informático gráfico con características tridimensionales y comportamiento dinámico, el cual se ejecuta en tiempo real con la persona con la que interactúa.

**Para una inmersión eficaz en el entorno virtual, es necesario que la persona usuaria perciba y se crea que se encuentra dentro de él, de esta forma consigue su plena integración e interacción.**

Para ello, la realidad virtual interactúa de múltiples formas, ofreciendo un marco en el que se emiten infinitas reacciones ante las acciones llevadas a cabo por la propia persona usuaria y otras, lo que da lugar a una experiencia inmersiva, interactiva y multisensorial.

Los componentes que hacen posible la realidad virtual son:

- **Computadora y aplicación software (ambos se conocen como Reality Engine):** plataforma informática que crea el entorno digital propiamente dicho. Técnicamente procesa, administra y genera los entornos virtuales y todas las respuestas a las distintas operaciones que ejecuta la persona usuaria.





Mientras que el software se encarga de **generar y enviar** las instrucciones necesarias hacia la computadora, ésta controla y maneja la entrada y salida de datos y la generación, operación y administración de los mundos virtuales. El equipo informático seleccionado **limitará la potencia y eficacia del sistema de realidad virtual**. Por ello, se utilizan ordenadores potentes, estaciones de trabajo o supercomputadoras, pues permiten reproducir en tiempo real los movimientos de la persona y ejecutar de manera inmediata las reacciones a sus actos.

La incorporación de potentes equipos con amplias capacidades de procesamiento o cálculo es clave debido a la gran cantidad de datos a codificar, y que fluyen, desde los sensores de entrada. Cuanta más información pueda procesar el sistema, mayor será la calidad de las reacciones con las que responderá a las acciones emitidas por la persona, al tiempo que será capaz de almacenar cada nuevo dato que se genere, ampliando la base de datos para ofrecer una simulación de mayor detalle.

- **Dispositivos sensoriales:** se clasifican según el sentido al que van dirigidos: **visuales** (casco estereoscópico, pantallas de proyección, gafas, etc.), **de audio** (sistemas de sonido, auriculares, altavoces, etc.), **de fuerza y tacto** (dispositivos táctiles, guantes) y **del equilibrio** (plataformas móviles). Permiten a la persona usuaria **sentirse rodeada e inmersa en este entorno digital y vivir una experiencia realista** gracias a los dispositivos sensibles al tacto, sonido generado, pantallas, etc. Además, le permiten emitir órdenes o acciones hacia el sistema.







## ¿Cómo funciona la realidad aumentada?

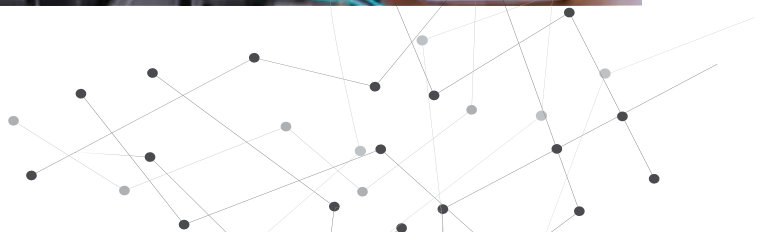
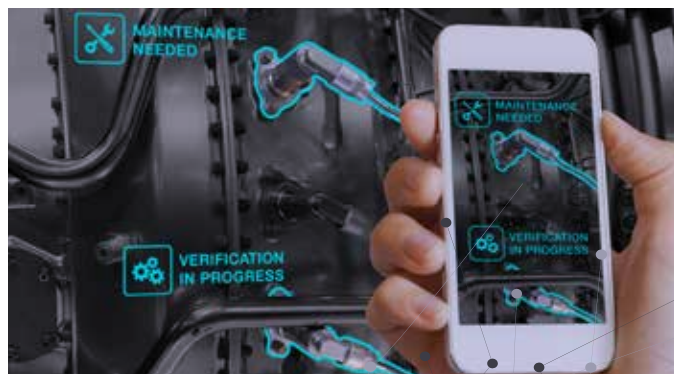
La realidad aumentada es creada por un dispositivo que añade información adicional en tiempo real a una pantalla, a través de la cual la persona observa el mundo físico; y como resultado visualiza una realidad enriquecida. Este dispositivo incorpora los siguientes elementos:

- **Dispositivo de entrada:** debe tener como mínimo una cámara. Resulta útil incorporar a dicho dispositivo un GPS, compases de estado sólido, giroscopios o acelerómetros que sitúen a la persona en el espacio con 6 grados de libertad.
- **CPU:** procesador potente para manejar y modificar el video en tiempo real.
- **Sistema de visualización:** generalmente es una pantalla situada en un casco, gafas o dispositivo de mano (ej. smartphone).

Existen dos tipos de dispositivos:

- **HMD (Head Mounted Display o Dispositivo Montado sobre la Cabeza):** comprenden desde cascos completos a gafas ligeras. Permiten una inmersión total.
- **HANDHELD:** incluyen diferentes dispositivos (ej. monitores, smartphones, tablets). Se sitúan entre la realidad y los ojos, de forma que la realidad aumentada se observa en la pantalla del dispositivo.

La mayor parte de los smartphones actuales reúnen los requisitos anteriores, por este motivo los creadores de aplicaciones han encontrado en ellos una plataforma muy atractiva para utilizar esta tecnología sin necesidad de adquirir un nuevo dispositivo.



## Clasificación

Existen diferentes tipos de realidad virtual en función del concepto al que se atiende:

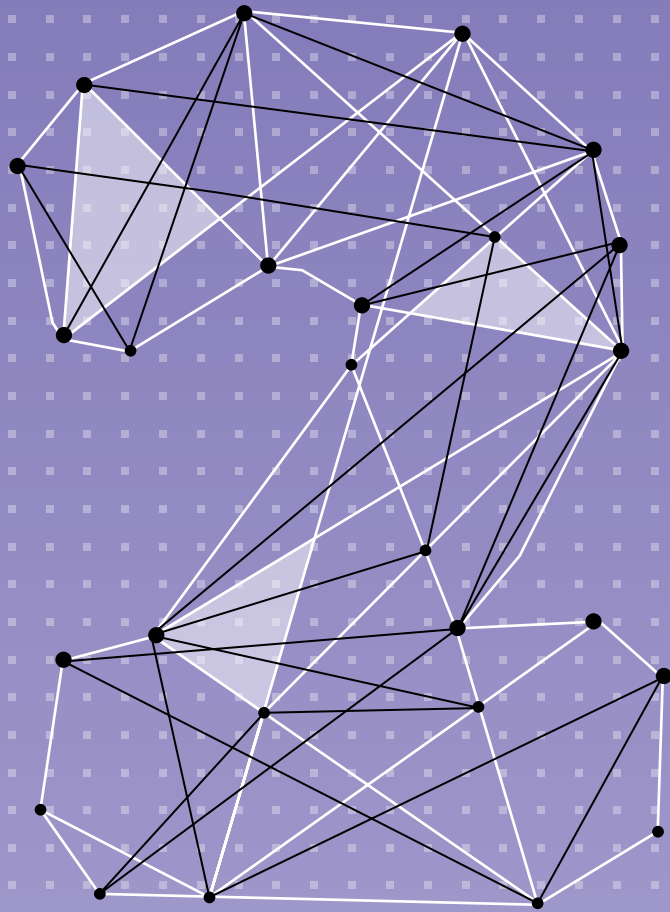
### Según el tipo de inmersión:

- **Inmersiva:** La inmersión total se consigue mediante dispositivos periféricos (ej. cascos, gafas, guantes, posicionadores, HMD, etc.) que capturan la posición y movimientos que la persona realiza con su cuerpo y lo representan en el entorno virtual. La persona siente que está en dicho entorno y “desaparece” del mundo real.
- **Semi-inmersiva:** conocida como realidad virtual de escritorio, es similar a la navegación por Internet. Se representa un mundo virtual en una ventana de ordenador y la persona interactúa con él sin sentirse totalmente sumergida. Utiliza un monitor, ratón, teclado y dispositivos de detección de movimiento y posicionadores.

### Según si la experiencia es individual o compartida:

- **Persona-máquina:** únicamente puede interactuar una persona por mundo virtual (ej. videojuegos no multijugador, cines 3D).
- **Personas-máquina:** varias personas comparten el mismo mundo virtual e interactúan con él y entre ellos al mismo tiempo.





# APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA

Ambas tecnologías tienen cabida en multitud de sectores debido a la polivalencia de sus aplicaciones.

Por ejemplo, los usos más frecuentes de la **realidad virtual** van desde el **entrenamiento** de pilotos, astronautas o soldados, aplicaciones en la **medicina** educativa simulando operaciones, tratamiento de **fobias** contra insectos, a volar o a espacios pequeños, hasta la **creación de entornos virtuales** en museos, tiendas o aulas, además de estar presente en el ámbito del **entretenimiento** en multitud de juegos o cines 3D.

Por su parte, la **realidad aumentada** puede incorporar información muy variada al mundo real. Algunos ejemplos son:

- **Turismo:** al observar un paisaje se nos informa de lugares que visitar y distancia a los mismos.
- **Objetos virtuales:** en un papel en el que hay dibujada una figura geométrica simple, se puede recrear un objeto virtual y añadirse a la “realidad” para ser observado.
- **Educación:** al visualizar un cuadro o escultura en un museo se obtiene información en pantalla sobre el autor, fecha, estilo, etc.
- **Medicina:** desde tratamientos de salud mental, rehabilitación de pacientes y mejora de su calidad de vida hasta el diagnóstico de enfermedades. En cirugía aporta información útil en tiempo real (ej. ritmo cardíaco, temperatura, etc.)
- **Arquitectura:** para encontrar la mejor solución para una nave vacía, amueblándola virtualmente, planteando distribuciones o espacios y probando diferentes acabados.



Se ha puesto en evidencia la gran variedad de posibilidades que ofrecen estas tecnologías, no obstante, y puesto que esta guía pone el foco en el ámbito industrial, se introducen a continuación las **principales aplicaciones industriales de la realidad virtual y aumentada**:

#### Optimización de diseños:

- **Prototipado industrial de productos.**

La **realidad virtual** puede crear una simulación casi real del futuro producto con todas sus características y permite probar diferentes acabados sin inversiones en la creación de prototipos físicos.

- **Montaje y diseño de instalaciones.**

La **realidad aumentada** permite el diseño y adecuación de instalaciones antes de su propio montaje. Consiste en proyectar una imagen a tamaño real de la máquina a instalar en el espacio deseado, de forma que el personal técnico-montador puede valorar si la futura instalación es acorde al espacio y características técnicas de su propia fábrica o la del cliente.

La **realidad aumentada** también ofrece al personal técnico **información extra en dispositivos manos libres**, lo cual resulta útil en tareas de montaje y diseño de instalaciones, de mantenimiento o reparación de averías. El personal puede realizar cualquier tipo de tarea (ej. reparación de máquinas) mientras consulta la información que le aparece en la pantalla. Esta información adicional puede comprender manuales de instrucciones, datos técnicos o reconocimiento de las partes de la máquina a intervenir. Con ello aumenta la seguridad del personal y se reduce el tiempo de parada de producción.





**Mantenimiento y control de fábricas.** La **realidad aumentada** facilita el control de las instalaciones proyectando datos de eficiencia y productividad en tiempo real de cada proceso productivo, lo que permite al personal controlar el comportamiento de una planta, interactuar con sus diferentes elementos y favorecer la toma de decisiones para mejorar el funcionamiento completo de la fábrica.

**Formación del personal en plantilla.** La **realidad virtual** se utiliza como herramienta para la formación práctica del personal mediante la simulación de experiencias. Algunos ejemplos son:

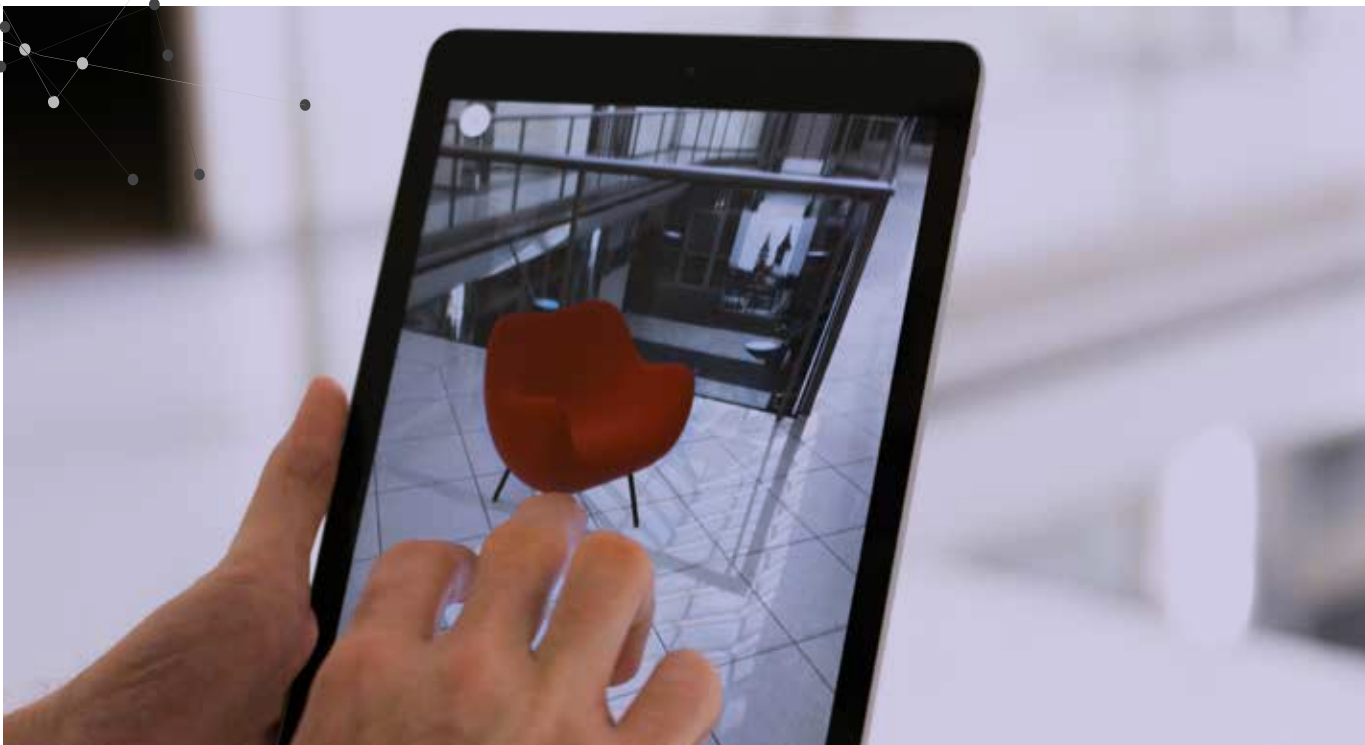
- **Optimizar el funcionamiento de la maquinaria** mediante su uso.
- **Afrontar situaciones críticas o complejas** (prevención de riesgos).
- **Resolver averías o incidencias:** las personas interactúan con las máquinas mientras están en funcionamiento, visualizan el problema en 3D para entenderlo en profundidad y aprenden a tratarlo con mayor precisión.

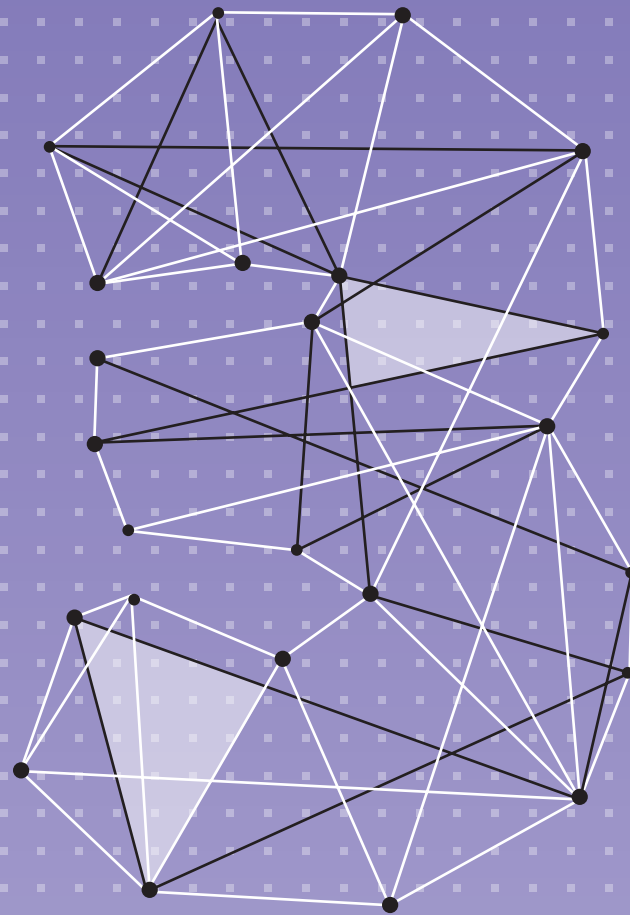
**Asistencia y resolución de incidencias.** La **realidad aumentada** permite la teleasistencia en tareas de mantenimiento y reparación de maquinaria. Un experto guía en remoto a un miembro del personal de fábrica en la resolución de una incidencia, tenga esta formación previa o no.



**Marketing.** La **realidad virtual** es una solución omnicanal con la que se establece una nueva relación con los clientes, a los que puede trasladar a un entorno virtual de fábrica. Es especialmente utilizada por los fabricantes y proveedores de maquinaria industrial y herramientas para mostrar sus productos a tamaño real sin estar en la planta. Pueden verse en funcionamiento e interconectadas, contemplándose todo el proceso que realizan. Esto facilita su venta en ferias y otros eventos, eliminando la inversión del traslado y puesta a punto, al tiempo que mejora el nombre de la marca.

La **realidad aumentada** también se utiliza para la elaboración de catálogos virtuales. Se añade al catálogo una capa digital que permite visualizar a través de móviles o tablets los productos en 3D en el mundo real, pudiendo modificar sus atributos y visualizar sus despieces técnicos y procesos detallados.





# VENTAJAS DEL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA





Tal y como se ha venido comentando en el apartado anterior, los beneficios de estas tecnologías son muy diversos:

Como cualquier otra metodología digitalizada:

- Proporciona un **mayor control sobre la variabilidad y reproducibilidad del proceso**. Permite que otra persona usuaria replique literalmente el mismo proceso, evitando posibles variaciones en el mismo.
- Permite obtener un **método uniforme de aprendizaje**. Posibilita el control de la ejecución del proceso y **valorar los resultados** de la formación realizada.
- Posibilita la visualización de datos en tiempo real y el **análisis de las mediciones**, de forma que se pueden extraer resultados sobre la validez del proceso industrial.
- **Reduce los tiempos de espera**. La resolución de averías es más ágil al ser solucionadas en remoto con expertos y se disminuye el tiempo de las consecuentes paradas de producción.
- **Mejora de los procesos**. Como consecuencia de lo anterior aumenta la producción. Por otra parte, se evitan las distracciones del personal ya que es una experiencia inmersiva que reconstruye entornos realistas. Además de la contribución de los expertos, también es posible la colaboración entre varios usuarios en un mismo escenario virtual, lo que facilita la coordinación y el trabajo conjunto.
- **Permite la disminución de costes**. Desde el ahorro en formación, marketing o teleasistencia, hasta prototipar máquinas o instalaciones.

En formación se elimina el coste de parar la producción para formar o dar acceso a las máquinas para practicar su uso. En marketing evita los gastos de desplazamiento y montaje de grandes productos industriales. En teleasistencia se evita el coste del desplazamiento del servicio técnico de averías. En prototipado no se requieren gastos de material ya que los productos son virtuales.

Por otra parte, el retorno de la inversión por la implantación de la tecnología es rápido. Los costes de hardware, potencia de cómputo y de memoria son cada vez menores, de forma que el precio de la aplicación tecnológica es cada vez más razonable.



## ¿Por qué incluir estas aplicaciones virtuales como elemento de apoyo a la PRL?

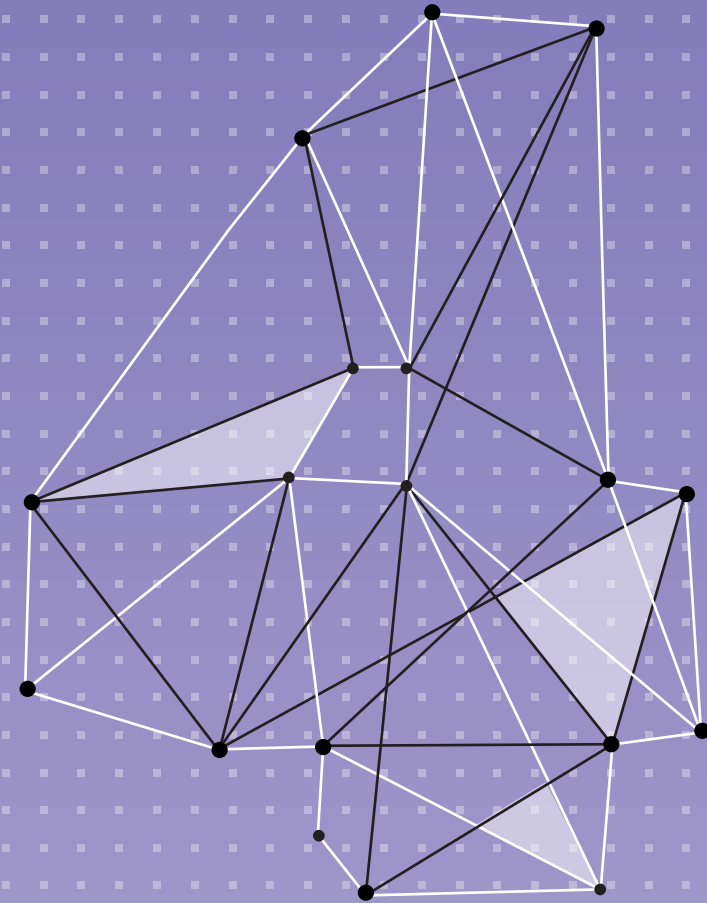
- **Formación.** Mediante la simulación de situaciones reales de trabajo se mejora el aprendizaje. La mayoría de investigaciones confirman **mejores resultados en los procesos simulados en la formación y un mayor desarrollo de las habilidades adquiridas.** Los métodos prácticos permiten entender mejor y más rápido lo aprendido y retenerlo durante más tiempo. Las ventajas en formación son: entrenamiento realista que mejora el aprendizaje, interacción en tiempo real, percepción de las consecuencias de las acciones llevadas a cabo y testeo de la experiencia del personal. Un ejemplo claro es la formación en extinción de incendios mediante realidad virtual, que puede realizarse con un extintor real sensorizado que al accionarse interactúa con el entorno virtual.

- **Aumento de la seguridad del personal.** La **realidad virtual** elimina los riesgos del personal en formación cuando se abordan tareas que podrían comportar un riesgo para su integridad física o salud ya que en realidad no están expuestos, reduciendo la posibilidad de accidentes.

Ante situaciones críticas o complejas, **sitúa al personal en un entorno simulado parecido al real donde tienen que actuar como lo harían en su lugar de trabajo.** Esto les ayuda a adquirir correctos hábitos de comportamiento ante una situación de riesgo real.

La **realidad aumentada** les ayuda en situaciones de riesgo, guiándoles para enfrentarse al peligro en momentos de estrés que podrían perturbar su correcta actuación. En caso de averías, les guía en su resolución, tengan o no formación, disminuyendo la exposición al riesgo al ser corregido en menos tiempo.





# CONSIDERACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA EN LA EMPRESA

A continuación, se introducen una serie de consideraciones a tener en cuenta para acompañar eficazmente a la empresa en el proceso de decisión, adquisición e integración de estas tecnologías en la misma, antes de abordar cualquier acción.

La RV es una tecnología novedosa y su incorporación en la empresa requiere de cierto aprendizaje, en el que resulta imprescindible identificar las necesidades de la empresa y la posibilidad de satisfacerlas. La definición de las necesidades es compleja, pero resulta clave a la hora de determinar incluso si este tipo de tecnologías es aplicable al problema a resolver. Es necesario valorar si existen otras soluciones más adecuadas y sencillas para ello.

- Es importante el **asesoramiento por expertos** para definir las necesidades de la empresa y la posibilidad de satisfacerlas de acuerdo al estado de la técnica. Así se podrán evitar posibles decepciones. Pese a que el estado de la tecnología es ya maduro, el conocimiento experto ayuda a ajustar las expectativas con las posibilidades factibles hoy en día.
- La empresa debería **designar internamente a una persona responsable del proyecto** capaz de trasladar el conocimiento necesario al resto de la organización. El uso de la RA/RV requiere de cierto aprendizaje por lo que es interesante que esta capacitación pueda ser impartida por la empresa y así no verse obligada a externalizar la formación.

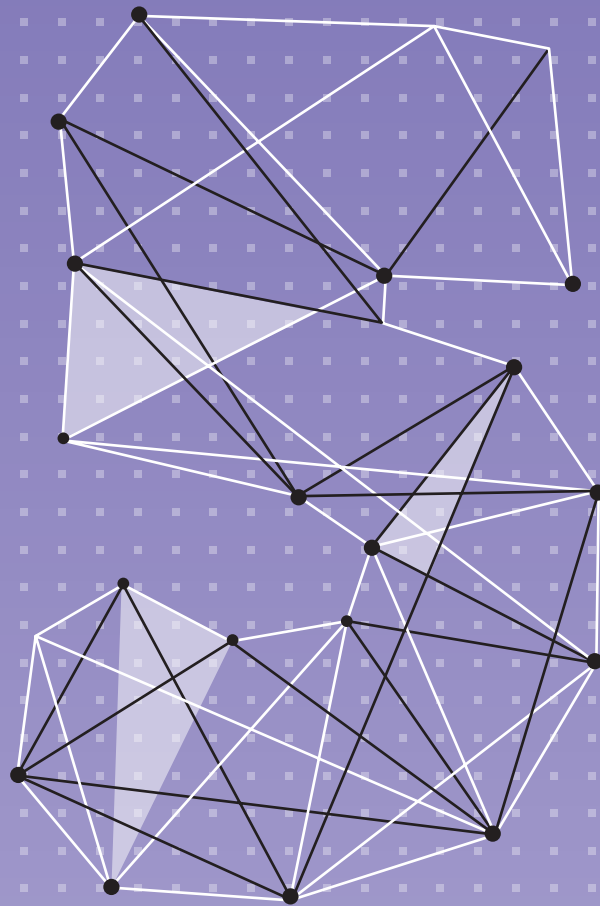
La persona responsable sería también la interlocutora entre la empresa proveedora de la tecnología y la organización.

- **Necesidad de inversión inicial importante en dispositivos.** La adquisición tanto de los dispositivos (gafas) como de los equipos de soporte (hardware que acompaña a la tecnología) tiene un coste elevado. Esta inversión será más fácilmente amortizada si los dispositivos son frecuentemente utilizados y servibles para diversas soluciones.





- **Duración, vida útil y obsolescencia del dispositivo, del equipo soporte y de la solución a adquirir en función de la intensidad del uso.** Los dispositivos y soportes están en continuo cambio y mejora, también los propios desarrollos software, por ello antes de implantar esta tecnología resulta importante valorar la duración y vida útil de las diversas opciones en el mercado con el fin de encontrar una herramienta que se adapte, tanto en duración como en calidad, a las necesidades de la empresa.
- **El desarrollo software de soluciones personalizadas puede suponer un alto coste. Por ello, se recomienda la valoración de soluciones o módulos de RA/RV ya existentes que no requieran de un diseño ad-hoc.** Existen en el mercado soluciones ya desarrolladas para otros clientes que quizá puedan resultar válidas para la problemática a abordar por la empresa (formación, simulación de situaciones de peligro, etc.). Es interesante valorar si las herramientas existentes se adaptan a los requisitos de la organización, puesto que son menos costosas que los desarrollos a medida.
- **Acondicionamiento de espacios seguros en la empresa, libres de obstáculos.** Con el fin de minorar los riesgos de seguridad, es preferible adecuar un entorno de uso de las aplicaciones de RA/RV seguro, sin obstáculos y que disminuya al máximo la posibilidad de sufrir choques con elementos del espacio en el que va a ser utilizada la tecnología.
- **Una de las barreras tecnológicas más importante es** desarrollar toda **la geometría en 3D** para la virtualización del entorno para su posterior utilización en las aplicaciones de RV y RA, esto supone un elevado coste, dado que la mayoría de las empresas no disponen de estos planos 3D de forma previa. Esto obliga a realizar una selección cuidadosa de cuáles son los puestos y las aplicaciones de uso donde es más interesante la utilización de estas tecnologías.
- **La persona designada como responsable del proyecto dentro de la empresa** debe ser capaz, por una parte, de trasladar el conocimiento necesario para la utilización de RA/RV al resto de la organización y, por la otra, deberá tener un perfil adecuado para traducir las necesidades del proyecto a la empresa proveedora de RA/RV, con el fin de crear una solución ajustada y factible conforme a la madurez de la tecnología. Es por ello conveniente que los perfiles interlocutores posean nociones sobre RA/RV y capacidades técnicas apropiadas para la gestión de proyectos tecnológicos.



# RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL USO DE REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA



De manera general y transversal se debe **proporcionar formación e información** específica, necesaria y suficiente a la persona usuaria de la tecnología, para que sea capaz de enfrentarse a los potenciales riesgos que a continuación se detallan. Este tipo de medidas cobran especial importancia en los riesgos psicosociales, ya que las estrategias para abordarlos son intangibles. Estas están destinadas a entrenar a la persona y aportarle pleno conocimiento sobre el funcionamiento de la tecnología como herramientas con las que corregir posibles desviaciones, por lo que la formación e información tienen un papel clave en este sentido. En cualquier caso, se recomienda la **supervisión constante** de cualquier persona que esté siendo usuaria de estas tecnologías.

A continuación, se describen los riesgos laborales derivados del uso de realidad virtual y aumentada y las medidas preventivas que contribuyen a minimizarlos.

## Riesgos

## Medidas preventivas

**Choques** contra personas, objetos móviles e inmóviles.

### Seguridad

- Señalizar la zona para evitar el tránsito de personas ajenas a la experiencia de RV.
- Destinar un espacio seguro (suelo regular y despejado de obstáculos).
- Configurar, mediante software, los límites del espacio virtual disponible en función del espacio real en el que se utiliza el sistema de RV, de forma que se indique con anticipación la proximidad a elementos fijos a una distancia suficiente respecto de obstáculos fijos o zonas de paso.
- Tener en cuenta nuestro entorno.

**Caídas de personas** por tropiezos, mareos o inestabilidad.

- Señalizar la zona para evitar el tránsito de personas ajenas a la experiencia de RV.
- Destinar un espacio seguro (suelo regular y despejado de obstáculos).
- No utilizar en espacios donde existan desniveles (escaleras, zonas expuestas como balcones, etc.)
- Tener en cuenta nuestro entorno.
- Evitar la presencia de objetos punzantes o cortantes en el entorno.
- Establecer períodos de utilización máximos.





## Riesgos

## Medidas preventivas

- Descanso de 10 a 15 minutos por cada 30 minutos de uso o antes si se necesita.
- Mantener una distancia visual entre 45 y 55 cm entre la persona usuaria y el objeto más cercano a visualizar.
- Utilizar aplicaciones cuya configuración evite los mareos y náuseas.
- No utilizar en caso de cansancio, bajo los efectos del alcohol o drogas, resfriados, dolor de cabeza o malestar estomacal.

## Higiene

**Fatiga ocular** por observar objetos parpadeantes que llegan demasiado rápido o demasiado cerca (vergencia acomodación), dispositivos con backlight.

- Seleccionar, preferiblemente dispositivos/ tecnologías que no empleen pantallas con backlight (ej. LCD). Utilizar tecnologías de pantallas tipo OLED.
- En el diseño del entorno inmersivo mantener una distancia visual virtual entre 45 y 55 cm entre la persona usuaria y el objeto más cercano a visualizar, evitando la cercanía excesiva y la falta de concordancia entre el plano de enfoque del ojo y el plano percibido del objeto virtual ("conflicto vergencia - acomodación").
- Respetar los períodos de utilización máximos establecidos por el fabricante.
- Incluir descansos de 10 a 15 minutos por cada 30 minutos de uso o antes si se necesita.

**Daños visuales** (miopía) por verse afectado el crecimiento del ojo debido a la utilización continua de la RV.

- Establecer períodos de utilización máximos.
- No usar los dispositivos de realidad virtual durante mucho tiempo.
- La imagen vista no debe ser muy cercana: mantener una distancia visual entre 45 y 55 cm entre la persona usuaria y el objeto más cercano a visualizar.

**Daños visuales** (vista cansada) debido a la utilización continua de la RV.

- Descanso de 10 a 15 minutos por cada 30 minutos de uso, o antes, si se necesita.
- Mantener una distancia visual entre 45 y 55 cm entre la persona usuaria y el objeto más cercano a visualizar.
- Regular correctamente el brillo y contraste para una visión descansada.
- Evitar escenas con reflejos, deslumbramientos y parpadeos.





## Riesgos

## Medidas preventivas

**Ruido** por volumen del audio demasiado elevado.

- Mantener un nivel de audio tal que sea posible escuchar a otras personas en una conversación normal.

**Enfermedades e infecciones contagiosas o irritación** en la piel por compartir los dispositivos.

- Mantener los dispositivos compartidos limpios, ordenados y guardados.
- En caso de uso por diferentes usuarios es recomendable emplear sistemas desechables tipo mascarilla o antifaz de papel, de uso exclusivo para cada usuario y tratar los elementos en contacto con la piel (gomas o superficies de las gafas o cascos) con algún sistema que garantice la eliminación de microorganismos (ej. radiación ultravioleta, aplicación de ozono, etc.).
- Gafas: limpieza diaria de los elementos de contacto de la gafa con la piel (goma-espuma) utilizando jabón neutro, evitando productos agresivos que las puedan deteriorar.
- Hacer comprobaciones periódicas de su adecuado mantenimiento.
- Mantener una adecuada higiene personal.

## Ergonomía

**Sobreesfuerzos** en cuello y miembros superiores debido a los movimientos repetitivos realizados con los dispositivos periféricos con los que se realizan las acciones.

- Establecer períodos de utilización máximos.
- Establecer pausas.
- Alternar tareas estáticas con otras en movimiento en la medida de lo posible.
- Disponer de elementos adecuados para realizar la tarea de la forma más cómoda posible.
- En caso de fatiga muscular, o durante las pausas, realizar ejercicios de relajación.
- Familiarizarse con las tareas a realizar, analizándolas con metodologías apropiadas que permitan prever la aparición de lesiones en un futuro.

**Sobreesfuerzos** por mantener posturas forzadas o mantenidas durante las simulaciones.

- Evitar giros bruscos y posturas mantenidas y forzadas y sobre todo posiciones corporales extremas.
- Evitar permanecer en una misma postura durante mucho tiempo.



## Riesgos

## Medidas preventivas

- Limitar al máximo la duración de posturas penosas (en cuclillas, de rodillas, torsiones, etc.)
- Alternar tareas estáticas con otras en movimiento, en la medida de lo posible.
- Disponer de elementos adecuados para realizar la tarea de la forma más cómoda posible.
- Establecer pausas.
- En caso de fatiga muscular, o durante las pausas, realizar ejercicios de relajación.
- Familiarizarse con las tareas a realizar, analizándolas con metodologías apropiadas que permitan prever la aparición de lesiones en un futuro.

**Aumento de la frecuencia cardíaca y la presión sanguínea** si el contenido es atemorizante o violento.

- Establecer períodos de utilización máximos cuando el contenido sea susceptible de incomodar a la persona usuaria.
- Descansar o parar en cuanto se necesite.
- Elaborar una evaluación de riesgos específica previa a la integración y establecer las medidas correspondientes.

**Mareos, dolor de cabeza, náuseas (“virtual reality-sickness”)** por la forma en que la RV afecta la conexión ojo-cerebro (incongruencias por falta de sincronización sensorial), disonancia entre el sentido de la vista y la percepción del resto de sentidos.

## Psicosociología

- Utilizar aplicaciones cuya configuración evite los mareos y náuseas.
- Es recomendable el uso de visor o casco (HMD, Head Mounted Display) con 6dof (6 grados de libertad), que identifique tanto la rotación como la traslación del usuario, evitando los mareos asociados al movimiento real pero no virtual (por ejemplo, al agacharse: la respuesta del entorno virtual acompaña a los movimientos realizados por la persona que lo usa).
- En las aplicaciones de software, ofrecer al usuario un punto fijo de referencia cuando se encuentra en movimiento (como en una nave espacial, un vehículo, etc). En caso de mover al usuario, se deben crear efectos visuales que le den una referencia estática (como un efecto túnel simulado).
- Establecer períodos de utilización máximos.
- Descanso de 10 a 15 minutos por cada 30 minutos de uso o antes si se necesita.
- No utilizar en caso de cansancio, bajo los efectos del alcohol o drogas, resfriados, con dolor de cabeza o malestar estomacal.



## Riesgos

## Medidas preventivas

**Desorientación o deterioro** de la percepción de la realidad (distancias, velocidades, etc.).

- Establecer períodos de utilización máximos
- Descanso de 10 a 15 minutos por cada 30 minutos de uso o antes si se necesita.
- Utilizar aplicaciones cuya configuración evite los mareos y náuseas.

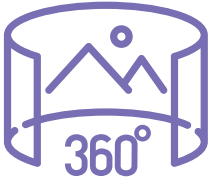
**Fatiga cognitiva o estrés** por ansiedad, miedo, sofoco, agobio, descontrol si el contenido es atemorizante o violento.

**Estrés postraumático** al visualizar una experiencia excesivamente desagradable.

- Adecuar la cantidad y complejidad de contenido a la persona usuaria.
- Descansar o parar en cuanto se necesite.
- Control por parte del personal sobre su propio trabajo, capacidad de decisión y autonomía.
- Ejecutar técnicas de:
  - Distracción: distraer la mente hablando con otra persona, cantando, sumando números, prestando atención a los latidos del corazón, etc. de forma que se sale del círculo de visión catastrofista y se evitan los pensamientos que pueden llevar al pánico.
  - Respiración del diafragma lento u otras técnicas de relajación.
  - Dar autoinstrucciones o mensajes a uno mismo para afrontar adecuadamente el pánico.
  - Imaginación positiva: se cambian los sentimientos negativos propios a otros positivos para que no llegue a producirse el ciclo vicioso de negatividad que lleva al pánico.

**Fatiga cognitiva** por la recepción y tratamiento de la información.

- Establecer períodos de utilización máximos.
- Descanso de 10 a 15 minutos por cada 30 minutos de uso, o antes si se necesita.
- Establecer un periodo de descanso tras la utilización.
- Control por parte del personal sobre su propio trabajo, capacidad de decisión y autonomía.
- Adecuar la cantidad y complejidad de contenido a la persona usuaria.



## Riesgos

## Medidas preventivas

### **Confundir la realidad virtual con la realidad real.**

**Adicción** a la sensación de hacer actos increíbles e impacto psicológico de la propia adicción con un consecuente trastorno de la personalidad (actitud agresiva, falta de empatía, etc.) y de las necesidades sociales y emocionales afectadas.

- Establecer períodos de utilización máximos.
- Entretenimiento, ocio o apoyo social.
- Participación en campañas de estilos de vida saludables.
- Ejecutar técnicas de relajación y/o asertividad.

### **Riesgos varios por condiciones preexistentes.**

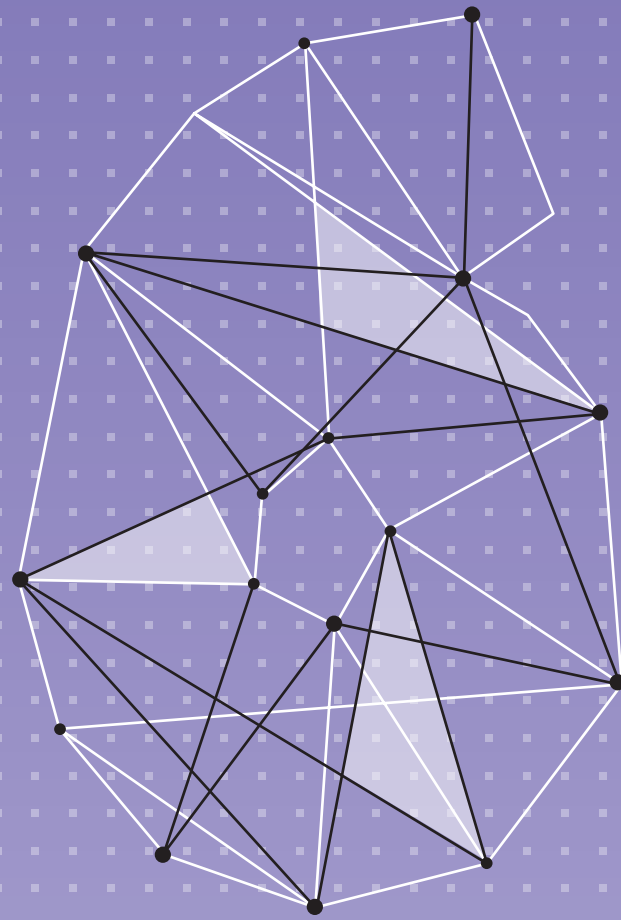
## Otros

- Consultar a un médico antes de hacer uso de las tecnologías en caso de embarazo, ser adulto mayor o tener condiciones preexistentes (anomalías en la visión, trastornos psiquiátricos, afecciones cardíacas, epilepsia o antecedentes de convulsiones y pérdida de conocimiento, dispositivos médicos implantados, como marcapasos, prótesis auditivas y desfibriladores y otras condiciones médicas graves).
- Atención a las contracciones musculares involuntarias y la pérdida de equilibrio como una señal de alerta.

### **Ciberseguridad.**

- Uso de dispositivos seguros que cuenten con sistemas de detección y evasión de ataques cibernéticos.





# RETOS Y DESAFÍOS

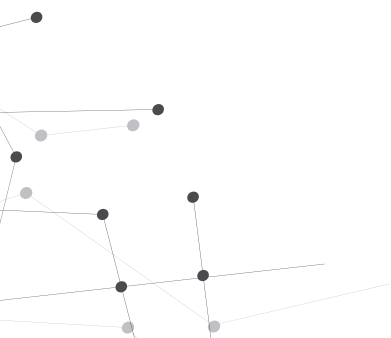
## La realidad virtual y aumentada presentan una serie de retos y desafíos todavía por abordar.

**La seguridad de los datos.** Estas tecnologías contienen datos de las empresas y personas usuarias, de forma que su información privada o confidencial se expone en una red que puede ser vulnerable si se diera algún ataque informático o filtración. Es por ello por lo que la seguridad de la información contenida debe ser prioridad, por lo que resulta clave encontrar un equilibrio entre la seguridad y el ahorro de costes de los dispositivos o aplicaciones asociadas a estas tecnologías.

**Manipulación de la identidad.** En línea con lo anterior, la vulnerabilidad de la seguridad de los datos puede derivar en una usurpación o suplantación de las identidades digitales. Esto hace referencia a los avatares o representaciones digitales que las personas usuarias pueden utilizar en los entornos virtuales y que pueden ser manipulados si su identidad es robada, manipulada o reemplazada con intenciones maliciosas.

**Proliferación de otros delitos virtuales.** Existen multitud de ejemplos, desde robos de cuentas de juegos, amenazas y coacciones virtuales, secuestros virtuales, casos de ciberbullying, etc. Otro caso llamativo es el de robo de patrimonio; existen videojuegos que tienen sus propias monedas virtuales, las cuales pueden convertirse en dinero real. Esto puede hacer que se disparen los delitos virtuales y ciberataques, los hackers pueden lanzar numerosos ataques de malware para conseguir cuentas de usuario de juego online.

**Invasión de la privacidad física.** Las personas usuarias de los mundos digitales pueden perder la noción de donde se encuentran realmente e invadir espacios privados.



**La responsabilidad y la ley.** Según la consultora Willis Towers Watson, actualmente “los acuerdos con los usuarios son insuficientes para cubrir todas las posibilidades de uso indebido de una plataforma virtual y están lejos de dejar claro dónde recae la responsabilidad”. Esto genera un gran reto si tenemos en consideración que la realidad virtual y aumentada tratan datos privados, transacciones y pagos reales, por lo que es necesario adaptar la normativa con respecto al desarrollo de estas tecnologías, al igual que los seguros individuales, corporativos y gubernamentales que debido a los avances van quedando obsoletos y resultan ineficaces en relación con la asignación de responsabilidades.

**Carencia de normativa. No existe una regulación específica relativa a la utilización de la realidad virtual y/o realidad aumentada.** Se recomienda considerar los riesgos indicados en la tabla de riesgos del punto anterior y adoptar las medidas oportunas para minorar al máximo los riesgos en el entorno laboral.

Asimismo, se aconseja seguir las siguientes indicaciones en cuanto al uso de dispositivos de RA/RV:

- No se aconseja su uso a personas con claustrofobia y agorafobia u otras afecciones sensoriales.
- No se recomienda usar el dispositivo si se ha experimentado recientemente: mareos, visión alterada, espasmos musculares u oculares, pérdida de consciencia, desorientación, ataques, o cualquier movimiento o convulsión involuntarios.



**La “Realidad” de la RA/RV hoy por hoy.** Este aspecto resulta especialmente relevante en el uso de estas tecnologías en el entorno laboral, en el que la expectativa de algunos clientes con respecto a la realidad virtual o aumentada podría verse frustrada, teniendo en cuenta que los dispositivos no están diseñados para usos de larga duración y tienen requisitos técnicos específicos, por ejemplo, de iluminación para tener un buen contraste, entre otros aspectos.

Tras una cierta experiencia de uso en los entornos virtuales, **las personas especialistas en RV advierten que existe riesgo de violación del espacio personal.** Principalmente en los entornos de juego hiperrealistas en los que las y los jugadores crean avatares cuya seguridad puede ser asaltada de manera virtual. Existe una empatía inconsciente con el avatar, por la cual la persona usuaria se siente muy identificada con él, de forma que un agravio en el mismo puede sufrirse mentalmente en primera persona y desde un prisma totalmente real (ejemplo: las personas sienten calor cuando su avatar se quema).

**La realidad virtual inmersiva puede tener influencias conductuales duraderas en los usuarios (aumento de agresividad, ganas de delinquir, etc.),** algunos de estos riesgos son todavía desconocidos. Además, con el avance de la tecnología existirán nuevos tipos de datos personales relativos a los entornos virtuales inmersivos tales como el movimiento del cuerpo, de los ojos, gestos y expresiones faciales, reacciones físicas, emociones en tiempo real... Si nuestro avatar digital obtiene y se configura en función de estas personalizaciones (incluso dinámicas) existe un riesgo de suplantación y una fina línea entre la similitud y la copia o el robo de avatares.







La realidad virtual está siendo utilizada por centros que **apuestan por la innovación educativa**: tanto en la generación y desarrollo de nuevos recursos y contenidos educativos como en entornos piloto de exposición donde se pretende experimentar con las posibilidades de esta tecnología. Para estos proyectos el profesorado y el alumnado trabajan de manera conjunta en el desarrollo de aplicaciones de realidad extendida que más tarde podrán ser utilizadas tanto en clases teóricas como en laboratorios especializados mediante simuladores o, incluso, desde casa gracias al uso de dispositivos móviles y de gafas de realidad virtual.

**El uso de RV/RA y sus diversas aplicaciones están transformando el proceso de aprendizaje, de toma de decisiones y también nuestra forma de interactuar con el mundo físico.** En concreto en el ámbito de la industria, se ha posicionado como una herramienta de transformación digital de los procesos industriales: llevando la formación directamente a la cadena de producción, reduciendo los costes de los actuales programas formativos tradicionales; convirtiendo las tareas de prototipado en virtuales; eliminando los costes de traslado e instalación de maquinaria en ferias y certámenes expositivos, gracias a un showroom virtual; o reduciendo los costes de asistencia técnica gracias a soluciones de teleasistencia con realidad aumentada.

**Como curiosidad y ampliación de las aplicaciones de la realidad aumentada y realidad virtual se encuentran los CAVE** “Cave Automatic Virtual Environment”, concepto que podría traducirse como “Entorno Virtual Automático Cueva”, inventados en los 90 por la española Carolina Cruz-Neira. Se trata de un entorno de realidad virtual inmersiva que simula un cubo en el que el usuario se encuentra en su interior, y se proyectan imágenes en cada una de las paredes del cubo, suelo y/o techo en función del resultado que se pretenda obtener. Existen CAVEs en los que se proyectan las imágenes en 3, 4, 5 o 6 caras del cubo.





Generalmente el usuario lleva unas gafas estereoscópicas que, sincronizadas con las proyecciones le permiten ver en 3D las imágenes, e incluso contemplar objetos flotando dentro del cubo, que pueden ser observados desde todos los ángulos, apreciando así el campo de profundidad virtual.

El CAVE permite una experiencia en grupo donde todas las personas usuarias comparten el mismo mundo digital mientras se mueven sin cables en su interior. Actualmente, se espera el resurgir de una nueva generación de sistemas CAVE plug&play.

### **La combinación de todas las realidades en un solo dispositivo.**

Hoy en día, las múltiples realidades son percibidas e interpretadas separadamente en interfaces diferentes (realidad aumentada y virtualidad aumentada [realidad mixta], realidad virtual, telepresencia, etc.). Es por ello por lo que se está trabajando en la búsqueda de un dispositivo único capaz de converger todas ellas; un dispositivo integrado, autónomo y con un campo de visión natural. Este debe albergar la realidad extendida con una calidad tal, que permita viajar a través del continuo realidad-virtualidad como si se tratara de nuestros propios ojos, permitiendo a la persona usuaria acceder a estados alterados de conciencia.

Esta tecnología, presenta una gran aplicación en el ámbito educativo, como “máquina teletransportadora del tiempo” tanto histórico como geológico o cosmológico, que podría trasladar a cualquier parte de la Tierra o del Universo y con la que aprender de manera inmersiva.



## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las empresas que han aportado su experiencia y conocimiento en la elaboración de la presente guía.

Y trasladar una mención especial a:

**Innoarea**

**Utopic Estudios**

Por su inestimable colaboración, participación y exposición de su experiencia en la implementación de tecnologías habilitadoras dentro de la Industria 4.0.

PREVENCIÓN Y RETOS 4.0

**R-EVOLUCIÓN INDUSTRIAL:**

MÁS SEGURA  
MÁS PRODUCTIVA  
MÁS HUMANA


# REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA

EN PREVENCIÓN DE  
RIESGOS LABORALES

[www.prlcuatropuntocero.es](http://www.prlcuatropuntocero.es)



 **AIDIMME**   
INSTITUTO TECNOLÓGICO

 **FEMEVAL**  
Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana

 **FEVAMA**  
FEDERACIÓN EMPRESARIAL DE LA MADERA Y MUEBLE  
DE LA COMUNIDAD VALENCIANA

 **nimat**  
prevención

  
**UNIÓN DE MUTUAS**  
Mutua Colaboradora con la Seguridad Social N.º 267

 agrupación innovadora  
**Valmetal**

 **GENERALITAT  
VALENCIANA**  
Conselleria d'Economia  
Sostenible, Sectors Productius,  
Comerç i Treball