GUÍA PRÁCTICA DE RV



Acerca del proyecto

Partners

Cracow University of Technology

POLITECNICO MILANO 1863

Lodz University of Technology

universidade de aveiro

UCA Universidad de Cádiz

Programa: Erasmus

Referencia del proyecto: 2024-1-PL01-KA220-HED-000245347

Acción clave: Asociaciones para la cooperación y el intercambio de prácticas

Tipo de acción: Asociaciones de cooperación en la educación superior

Fecha de inicio: 01-09-2024

Fecha de finalización: 31-08-2027

Coordinador del proyecto: Universidad Tecnológica de Cracovia

Las opiniones y puntos de vista expresados son, sin embargo, exclusivamente del autor o autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o la Fundación para el Desarrollo del Sistema Educativo. Ni la Unión Europea ni la entidad que concede la subvención pueden ser consideradas responsables de ellos.

Co-funded by the European Union



https://vrchem.pk.edu.pl/



Índice

1 RV, visión general y tecnología 11

1.1 Definición de RV 11
1.2 Dispositivos y categorías dentro de la tecnología de RV 12
1.3 Software y aplicaciones 14
1.4 La RV en la educación 15
1.5 Aplicaciones en la educación superior 16
1.6 Bibliografía 21

2 Cómo integrar la RV en los planes de estudio 23

2.1 Descripción general y conceptos principales de la RV 24
2.2 Diseño de integración de la experiencia de RV y el plan de estudios 29
2.2.1 Resultados de aprendizaje esperados (RAE): ¿por qué son importantes? 29
2.2.2 ¿Cómo formular los RAE? 32
2.3 Tarea de evaluación 34
2.3.1 Funciones de la evaluación 36
2.3.2 Ejemplos de tareas de evaluación 38
2.3.3 Rúbrica 40
2.3.4 Resumen 42
2.4 Actividades de enseñanza y aprendizaje (AEA) 43
2.4.1 ¿Qué marco utilizar para (re)diseñar las AEA con el fin de adaptarlas a la RV? 44
2.4.2 Programa y plan de clases 52
2.4.3 Herramientas y recursos 53
2.5 Retos 56
2.6 Diseño de experiencias de aprendizaje inclusivas con RV 58
2.7 Guía de inicio rápido 60
2.8 Bibliografía 61

3 Experimentación con el aprendizaje en RV: la experiencia del Politécnico de Milán 65

3.1 Creación de laboratorios de RV 65

3.1.1 Funciones implicadas 67

3.1.2 Consideraciones sobre los dispositivos 67

3.2 Clases mejoradas con RV en POLIMI 71

3.3 Herramientas de seguimiento y evaluación 73

3.3.1 Recopilación de datos a través de formularios presenciales 73

3.3.2 Cuestionarios posteriores a la lección 76

3.3.3 Informe final 77

3.4 Bibliografía 78

4 Materiales de formación para clases de RV 79

4.1 Directrices para los docentes 79

4.2 Directrices para los estudiantes 85

4.3 Materiales compartidos 89

Kit de inicio 91





Resumen

Esta guía contiene información teórica y empírica útil para los educadores, instructores, formadores y responsables de la toma de decisiones en el contexto de la educación superior que deseen profundizar sus conocimientos sobre la tecnología de realidad virtual (RV) y sus aplicaciones prácticas en el ámbito universitario.

Este documento, titulado Guía práctica de la RV, se ha elaborado en el marco del proyecto europeo de investigación VRChem, como parte del paquete de trabajo 2. Ha sido redactado por el **METID – Learning Innovation de la Universidad Politécnica de Milán**, con el apoyo,supervisión y revisión del consorcio del proyecto

La guía se divide en cuatro secciones:

El Capítulo 1 introduce el concepto de tecnología de RV, sus definiciones teóricas y sus implicaciones en el ámbito educativo. Se presenta una breve revisión realizada por docentes, en la que se destacan los beneficios de aplicar esta tecnología en el entorno del aprendizaje. Se presentan diferentes perspectivas sobre la tecnología, centrándose no solo en las gafas de RV, sino también en otros dispositivos, sistemas y software relacionados con su uso. Se recogen casos prácticos, citados a partir de la experiencia de los socios del proyecto (Universidades), como ejemplos de la RV en los sistemas educativos.

El Capítulo 2 guía a los profesores en el diseño de experiencias de aprendizaje eficaces basadas en la RV.
Comienza con la definición clara de los resultados de aprendizaje esperados (RAE). A continuación, explica cómo diseñar una tarea de evaluación alineada con esos resultados. Se guía a los profesores para que creen actividades apoyadas en la RV que promuevan la participación. El capítulo hace hincapié en la alineación entre los RAE, las actividades y las evaluaciones, ofreciendo consejos prácticos para planificar e integrar en el aula.

El Capítulo 3 presenta información no desde una perspectiva teórica, sino desde la observación empírica que POLIMI (Universidad Politécnica de Milán) ha llevado a cabo en sus laboratorios desde la introducción de los sistemas de RV en ellos. Esta sección de la guía tiene como objetivo informar sobre la experiencia de dicha Universidad, sirviendo de ejemplo para otros instructores, educadores o responsables de la toma de decisiones en contextos

educativos que deseen introducir la RV en sus clases. Se presentan las funciones y los actores implicados, junto con las configuraciones de hardware y software necesarias para gestionar múltiples cursos dentro de los laboratorios. Por último, se presentan como sugerencias importantes herramientas de seguimiento, como formularios presenciales, cuestionarios posteriores a las clases e informes.

El Capítulo 4 actúa como apéndice del capítulo anterior y detalla el material preparatorio que POLIMI ha desarrollado a lo largo de estos años para que los docentes y los estudiantes se preparen mejor para una clase que incorpora RV. En este capítulo final se proporcionan directrices y se describe su utilidad para la comunidad educativa.

Esta guía presenta perspectivas teóricas y prácticas sobre la aplicación de la tecnología de RV en el ámbito educativo, incluso en primera línea con docentes.



Glosario

AEA - Actividades de Enseñanza y Aprendizaje

CAVE - Entorno Virtual Automático

METID – Learning Innovation de la Universidad Politécnica de Milán
www.metid.polimi.it

POLIMI – Universidad Politécnica de Milán (Italia)

RA - Realidad Aumentada

RAE – Resultados de Aprendizaje Esperados

RM - Realidad Mixta

RX – Realidad Extendida

RV - Realidad Virtual

RV LABS - Los laboratorios de RV, normalmente se refiere a los desarrollados dentro del Politécnico de Milán

SGA – Sistema de Gestión del Aprendizaje

STEM - Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas VA - Virtualidad Aumentada

TIC - Tecnologías de la Información y Comunicación

VR CHEM – Proyecto europeo Erasmus+ para la investigación sobre la integración innovadora de la RV en la enseñanza de la ingeniería química



Hoja de ruta

FASE	*TAREA*	*PARA PROFUNDIZAR*
Comprender los fundamentos de la RV y sus oportunidades en el ámbito educativo.	Introducir la tecnología, su contexto teórico y sus principales ventajas e impacto en el ámbito educativo.	Capítulo 1
Diseñar la experiencia de RV y su integración en el plan de estudios.	Reformulación y/o enriquecimiento del curso de resultados de aprendizaje previstos existente, incluyendo el logro de habilidades sociales, la mejora de las capacidades emocionales y psicomotoras. Redefinición de las tareas de evaluación y las actividades de enseñanza y aprendizaje alineadas con los principios constructivistas.	Capítulo 2
Implementación de la experiencia.	Desarrollar planes de lecciones, identificar cómo se utilizará la RV en clase, poner a prueba la lección de RV, proporcionar orientación y apoyo.	Capítulo 2
Selección y desarrollo de herramientas y recursos de RV.	Elegir la plataforma de RV más adecuada, crear componentes, evaluar la accesibilidad y el coste, y probar el entorno de RV por uno mismo para comprender la navegación, la interacción y los posibles problemas.	Capítulo 3
Evaluación y ampliación.	Analizar cómo otros han utilizado herramientas y formularios de supervisión y gestión para organizar, de la mejor manera posible, las clases desplazadas a por la tecnología de RV.	Capítulo 4

01



RV, visión general y tecnología

En las últimas décadas, las tecnologías inmersivas, como la RV y la RA, se han adoptado ampliamente en diversos ámbitos, desde aplicaciones militares hasta juegos, pasando por los sectores artístico y cultural, el entretenimiento y, cada vez más, en la educación, entre otros muchos. La integración generalizada de estas tecnologías en diversos campos se ha visto facilitada por su capacidad para mejorar la experiencia del usuario, su participación y su interacción en múltiples aplicaciones. Además, su adopción se ha visto impulsada por las importantes ventajas que ofrecen en las simulaciones de la vida real, entre las que se incluyen el ahorro de tiempo, energía y recursos financieros.

En el ámbito de la educación, numerosos estudios han destacado los beneficios de la RV para mejorar la experiencia de aprendizaje. La RV ha demostrado un gran potencial para transformar los enfoques pedagógicos tradicionales, al fomentar un mayor compromiso, mejorar la retención de conocimientos y facilitar el aprendizaje experiencial.

Este capítulo introductorio ofrece una visión general completa de la tecnología de RV, describiendo sus principios fundamentales, sus aplicaciones generales y los principales sistemas y dispositivos de visualización utilizados en entornos de RV. Además, examina las ventajas específicas de las tecnologías inmersivas en entornos educativos, basándose en estudios de casos del consorcio de investigación europeo VRChem para ilustrar su impacto y eficacia en la mejora de los resultados del aprendizaje.

1.1 Definición de RV

El término «**RV**» fue introducido por primera vez por Jaron Lanier en 1986, y su conceptualización ha evolucionado en respuesta a los avances tecnológicos (Berkman, 2018).

Schroeder (1996) define la RV como un entorno generado por ordenador que fomenta una sensación de presencia, permitiendo a los usuarios interactuar dentro de un espacio digital distinto de su entorno físico. De manera similar, Glännfjord et al. (2017) describen la RV como una simulación que genera un mundo virtual de aspecto realista, mientras que Levy et al. (2016) enfatizan su naturaleza interactiva dentro de un entorno tridimensional generado por ordenador.

Estas y otras definiciones convergen en conceptos clave como la presencia, los estímulos, la percepción sensorial, la interacción y el entorno, todos ellos fundamentales para las experiencias inmersivas en la RV (Spallazzo y Ceconello, 2024).

Un marco teórico crucial en este ámbito es el Continuo de Virtualidad, introducido por Milgram y Kishino (1994), que delimita la categoría más amplia de las tecnologías de Realidad Extendida (RX). El término continuo conceptualiza un espectro de sistemas de visualización, que van desde la RV totalmente inmersiva, en la que un entorno construido digitalmente rodea al usuario, hasta la realidad tangible, el mundo físico en el que normalmente operamos sin la mediación técnica de ningún dispositivo. Dentro de este espectro se encuentran las tecnologías de realidad mixta (RM), que integran elementos tanto virtuales como del mundo real. Entre ellas se incluyen, entre otras tecnologías, la realidad aumentada, en la que los artefactos u objetos digitales se superponen al entorno físico, y la virtualidad aumentada, en la que los objetos tangibles se incorporan a un espacio predominantemente virtual. En conjunto, estas tecnologías constituyen el panorama más amplio de la RX.

Sin embargo, esta guía se centra explícitamente en la RV y sus aplicaciones en la educación, donde sus características inmersivas, interactivas y atractivas desempeñan un papel fundamental en la configuración de las experiencias de aprendizaje. Para comprender mejor el uso de esta tecnología en el ámbito educativo, en los siguientes capítulos se examinan los dispositivos que se utilizan habitualmente para las actividades de RV y el software y las aplicaciones vinculadas a los mismos.

1.2 Dispositivos y categorías dentro de la tecnología de RV

La tecnología de RV puede implementarse utilizando diversos sistemas y dispositivos de visualización, como visores de pantalla montados en la cabeza (gafas de RV), sistemas basados en proyección, altavoces y otras tecnologías relacionadas con los sentidos. Es fundamental destacar que los entornos inmersivos van más allá de la percepción visual, ya que incorporan estímulos auditivos, táctiles, olfativos e incluso térmicos o basados en la humedad, dependiendo de los dispositivos y

sistemas específicos que se utilicen.

En las instalaciones artísticas y de entretenimiento contemporáneas, las experiencias inmersivas exploran cada vez más la participación sensorial no convencional y los actuadores físicos computarizados mediante la integración de perfumes, láseres o vapor, ampliando así el alcance de la inmersión sensorial.

Cuando se hace referencia a la RV, el término suele denotar entornos virtuales compuestos por estímulos visuales y auditivos digitales de 360° o 180°. Estas experiencias pueden ofrecerse a través de sistemas totalmente inmersivos, semiinmersivos o no inmersivos, cada uno de los cuales varía en el nivel de interacción sensorial que proporciona. (Martirosov et al., 2021)

> **Los sistemas totalmente inmersivos** ofrecen una simulación de 360° que envuelve completamente al usuario en un entorno digital. Esta categoría incluye las gafas RV (por ejemplo, Meta Quest 2 o 3, Apple Vision Pro, HTC Vive) y los sistemas CAVE, que utilizan múltiples proyectores o pantallas para rodear al usuario. La inmersión auditiva se consigue mediante altavoces integrados o sistemas de audio espacial, mientras que la interacción con los elementos virtuales puede implicar el uso de mandos manuales o dispositivos que mejoran la inmersión táctil (retroalimentación háptica).
>
> **Los sistemas seminmersivos** utilizan pantallas o dispositivos de proyección que presentan simulaciones virtuales sin rodear completamente al usuario. Aunque estos sistemas pueden proporcionar experiencias atractivas, no dominan completamente la percepción sensorial del usuario como lo hacen las configuraciones totalmente inmersivas.
>
> **Los sistemas no inmersivos** implican el uso de dispositivos portátiles, como tabletas o teléfonos inteligentes, que permiten a los usuarios navegar por entornos virtuales sin una inmersión espacial directa. Estas plataformas ofrecen una experiencia sensorial más limitada en comparación con sus homólogas inmersivas.

En el contexto de la educación, las experiencias de aprendizaje basadas en la RV se facilitan principalmente a través de las gafas RV. Esta preferencia se atribuye al coste relativamente bajo, la eficacia cualitativa y las ventajas logísticas de las gafas RV, que ofrecen facilidad de implementación y accesibilidad tanto para los estudiantes como para los docentes (Jensen y Konradsen, 2017).
Según nuestra experiencia, las gafas RV ofrecen una solución más práctica y rentable para contenidos totalmente inmersivos en comparación con los sistemas basados en proyección o CAVE. Estos permiten una mayor exposición de los estudiantes a la tecnología de RV, al tiempo que agilizan los procesos organizativos y de gestión.

1.3 Software y aplicaciones

Las gafas RV permiten a los alumnos acceder a una amplia gama de contenidos educativos, adaptados a objetivos pedagógicos específicos. La selección de contenidos de RV depende en gran medida de los objetivos de aprendizaje y de la materia que se trate. En algunos casos, las actividades educativas pueden requerir únicamente una experiencia de vídeo en 360°, como una visita virtual a un museo, al centro histórico de una ciudad o a un entorno natural. En otros casos, pueden ser necesarias aplicaciones más interactivas, como simulaciones virtuales para el análisis vectorial matemático, ejercicios de adquisición de idiomas o aplicaciones orientadas al diseño que faciliten el modelado y el boceto en 3D. Además, algunos escenarios educativos específicos pueden exigir simulaciones muy detalladas de entornos de laboratorio o instalaciones industriales, como plantas químicas, para ofrecer oportunidades de aprendizaje práctico y experiencial.

Al realizar una investigación de campo destinada a evaluar el estado actual de las aplicaciones de RV relevantes para las prácticas educativas contemporáneas, METID ha tratado de clasificar las aplicaciones disponibles. En primer lugar, se ha establecido una división general entre:

Aplicaciones, que se refieren a las aplicaciones que se encuentran disponibles en webs como Steam VR o Meta Quest Store, o servicios similares, incluidas las aplicaciones únicas desarrolladas dentro de la Universidad.

Plataformas, o los servicios prestados por terceros que desarrollan experiencias de simulación o aprendizaje de RV personalizadas (principalmente materias STEM).

A su vez dentro de las aplicaciones, se han identificado diferentes grupos:

Dibujo en 3D, software dedicado a la creación de bocetos tridimensionales, procesos de pintado y la realización de trabajos gráficos con tecnología de RV.

Modelado 3D, software dedicado al modelado 3D de productos, arquitectura, interiores y planificación urbana.

Construcción de RV, software y plataformas dedicados al desarrollo de modelos/interacciones/entornos en RV.

Aplicación de espacio de trabajo: aplicaciones que permiten el uso de espacios virtuales en los que organizar reuniones/presentaciones/conferencias/eventos, con la

posibilidad de utilizar herramientas que mejoran/acompañan la actividad laboral.

Aplicación de espacios virtuales: aplicaciones que permiten el uso de espacios virtuales para reuniones/eventos/exposiciones/conferencias con fines de difusión/información/artísticos/etc.

Otras aplicaciones: relacionadas con contenidos de RV más específicos, como simulaciones de laboratorios de química, aplicaciones de formación en medicina, visualización de datos, complementos de software *Building Information Modeling* (BIM), aplicaciones para el aprendizaje de idiomas y otros muchos.

1.4 La RV en la educación

Las tecnologías inmersivas, incluida la RV, se han integrado cada vez más en diversos campos, desde los sectores cultural y artístico hasta la formación profesional y la educación. En el ámbito educativo, estas tecnologías se han ido adoptando progresivamente en diversos contextos de aprendizaje, lo que demuestra su potencial para mejorar la experiencia de aprendizaje y los resultados académicos (Beck et al., 2023; Pellas et al., 2020).

El reconocimiento académico del potencial de la RV en la educación se deriva de su capacidad para proporcionar altos niveles de inmersión e interacción, factores clave para fomentar el compromiso y facilitar el aprendizaje. Los resultados de las investigaciones destacan sistemáticamente el impacto positivo de la RV en la eficacia del aprendizaje. Shute et al. (2017) recogen estudios que demuestran los beneficios de la integración de la RV en entornos educativos. Del mismo modo, Hamilton et al. (2021) llevaron a cabo una revisión sistemática que identificó ventajas significativas en el aprendizaje cognitivo, procedimental y afectivo. En particular, las aplicaciones de la RV en la educación se han relacionado con un aumento del compromiso y la motivación de los estudiantes, lo que refuerza su valor pedagógico (Parong y Mayer, 2018)

Una revisión exhaustiva de la literatura indica que los entornos de RV totalmente inmersivos mejoran el aprendizaje en aproximadamente la mitad de los estudios cognitivos analizados, especialmente cuando se abordan conceptos complejos o abstractos que requieren visualización espacial. Además, los estudios sobre el aprendizaje procedimental sugieren que la formación basada en la RV puede facilitar la adquisición de habilidades, con pruebas sólidas que respaldan la transferibilidad de estas habilidades de las aplicaciones virtuales al mundo real. A pesar de las numerosas investigaciones sobre el aprendizaje cognitivo y procedimental, el papel de la RV en el aprendizaje afectivo y el

cambio de comportamiento sigue sin estar suficientemente explorado en contextos educativos. Si bien, inmersión mediante RV ha sido ampliamente estudiada por su impacto emocional y conductual en aplicaciones no educativas, se necesitan más investigaciones para comprender todo su potencial en entornos de aprendizaje (Concannon et al., 2019)

La RV se ha consolidado como una herramienta eficaz para la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, demostrando su valor tanto en escenarios de aprendizaje teóricos como prácticos (Radianti et al., 2020). Las observaciones realizadas por METID en el Politécnico de Milán, donde se han implementado clases de RV utilizando gafas RV, respaldan aún más estos hallazgos. Los estudiantes manifiestan altos niveles de satisfacción y disfrute, incluso cuando participan en contenidos de RV para ejercicios relacionados con la evaluación. Además, muchos estudiantes expresan un gran interés en repetir la experiencia y abogan por una adopción más amplia del aprendizaje basado en la RV en diferentes cursos. Estas ideas ponen de relieve la creciente demanda de experiencias educativas inmersivas y subrayan la necesidad de continuar investigando e implementando las tecnologías de RV en entornos académicos.

1.5 Aplicaciones en la educación superior

En el contexto del proyecto de investigación europeo VRChem, el consorcio ha recibido el encargo de informar sobre casos prácticos de aplicación de la tecnología de RV en situaciones reales en el aula. Los socios informaron de varias situaciones en las que se ha aplicado la RV en las clases de sus propias instituciones educativas. A continuación se presentan algunos ejemplos. En este enlace se pueden encontrar otras tablas con información sobre diversos casos de estudio compartidos por el consorcio.

ChemXP – Universidad de Aveiro

ChemXP es una iniciativa multidisciplinar desarrollada gracias a la colaboración de investigadores en comunicación multimedia, informática y química de la Universidad de Aveiro y la Universidad de Oviedo.

El objetivo principal de ChemXP es diseñar, implementar y evaluar dos series de juegos que aprovechan las tecnologías de RM, RA y RV para mejorar la participación y la comprensión de los estudiantes en Química Orgánica. En concreto, ambos juegos se centran en ayudar a los estudiantes a determinar la configuración absoluta R/S de los enantiómeros. El juego basado en RA incorpora una experiencia

de aprendizaje estructurada con múltiples misiones, un enfoque narrativo, un tutorial interactivo, un sistema de recompensas con insignias y una herramienta de creación molecular basada en la física. Por su parte, el juego basado en RV introduce mecánicas interactivas únicas, como el uso de poderes especiales para facilitar el aprendizaje.

La facilidad de uso y la eficacia de estos juegos se evaluaron mediante un estudio piloto en el que participaron estudiantes de Química de la Universidad de Aveiro. Se accedió al juego de RA a través de teléfonos inteligentes, mientras que el juego de RV se experimentó utilizando gafas de RV Meta Quest 2.



◀ Fig. 1.5a: ChemXP – Universidad de Aveiro

Visitas virtuales al laboratorio de investigación en Ingeniería Química – Universidad de Cádiz

Desde 2021, la Universidad de Cádiz en Puerto Real, España, ha puesto en marcha una innovadora iniciativa educativa diseñada para mejorar la participación de los estudiantes en Ingeniería Química. Esta iniciativa utiliza RV con vídeos 360°, permitiendo a los estudiantes visitar virtualmente los laboratorios de docencia e investigación relacionados con los programas de Grado y Máster en Ingeniería Química, proporcionando una experiencia inmersiva a estudiantes de bachillerato, grado y posgrado.

La actividad de RV se integra como un componente opcional tras un seminario diseñado para informar a los estudiantes sobre los programas de grado y máster en Ingeniería Química. Al ofrecer visitas virtuales a los laboratorios, esta iniciativa permite a los estudiantes explorar los entornos de

investigación de forma remota, lo que mejora su comprensión de las instalaciones y las actividades de investigación del programa. Además de los laboratorios, estas visitas virtuales se han ampliado a dos instalaciones de interés relacionadas con la enseñanza de la Ingeniería Química: una planta de tratamiento de aguas residuales y una bodega.

Escuela de verano - Universidad Tecnológica de Lodz

En Šibenik (Polonia) se organizó una escuela de verano como parte del proyecto ATOMIC, con el objetivo principal de probar las herramientas inmersivas desarrolladas para la formación en habilidades sociales. El programa reunió a participantes de diversos ámbitos profesionales y académicos para participar en sesiones prácticas utilizando tecnologías de RV y RA de última generación. El objetivo era evaluar cómo estas herramientas inmersivas pueden mejorar la comunicación, el trabajo en equipo y la capacidad de resolución de problemas en escenarios dinámicos y realistas. Los participantes proporcionaron valiosos comentarios sobre la usabilidad, el compromiso y la eficacia de estas herramientas a la hora de reproducir retos del mundo real.
Esta escuela de verano no solo sirvió como plataforma para realizar pruebas rigurosas, sino que también fomentó el debate sobre las aplicaciones más amplias de las tecnologías inmersivas en la educación y el desarrollo profesional. El evento puso de relieve el potencial de la RV y la RA para revolucionar la formación en habilidades sociales, haciéndola más interactiva, atractiva e impactante. Los conocimientos adquiridos servirán de guía para seguir mejorando e integrando estas herramientas en diversos contextos de formación.



Fig. 1.5b: Escuela de verano - Universidad Tecnológica de Lodz

Simulador virtual de soldadura VRTEX 360 - Universidad Tecnológica de Cracovia

Desde 2021, el simulador virtual de soldadura VRTEX 360 se ha integrado en el plan de estudios de la Universidad Tecnológica de Cracovia (Polonia) beneficiando anualmente a unos 50 estudiantes de los campos de la Ingeniería Civil, la Ingeniería de Materiales y la Mecánica y la Construcción de Máquinas. La iniciativa aprovecha la plataforma VRTEX® 360 Compact K4914-1 de Lincoln Electric para mejorar la formación práctica en soldadura por arco.

El simulador ofrece una experiencia de aprendizaje inmersiva, que permite a los estudiantes desarrollar técnicas de soldadura y adquirir memoria muscular para realizar movimientos precisos con las manos, como mantener el ángulo correcto de la antorcha y la dirección del movimiento. Permite practicar con diversos procesos, técnicas y materiales de soldadura, al tiempo que minimiza el desperdicio de material y reduce el consumo de energía.

Al ofrecer un entorno rentable y sin riesgos, el simulador dota a los estudiantes de habilidades esenciales de soldadura, fundamentos del proceso y conocimientos sobre diferentes tipos de juntas y ajustes de equipos, preparándolos para aplicaciones en el mundo real.



Fig. 1.5c Simulador virtual de soldadura

Laboratorio de RV – Politécnico de Milán

Como se detalla en los siguientes capítulos, el Politécnico de Milán ha integrado la RV en su plan de estudios académico a través de laboratorios especializados equipados con gafas RV. Estos laboratorios proporcionan un entorno de aprendizaje inmersivo, mejorando las experiencias educativas en múltiples disciplinas.

La Universidad ha creado dos laboratorios dedicados a la RV, cada uno de ellos con 15 estaciones de trabajo equipadas con ordenadores de sobremesa, monitores, gafas de RV Quest 2 y espacios designados para garantizar un uso seguro. Desde 2021, estas instalaciones han prestado apoyo a varios departamentos académicos, entre ellos Ingeniería Química, Diseño, Arquitectura y otros campos de la ingeniería, en los que han participado cientos de estudiantes en diversas actividades basadas en la RV.

En estos laboratorios, la RV se utiliza para facilitar la formación práctica, lo que permite a los estudiantes interactuar con contenidos técnicos complejos, ya sea explorando entornos virtuales, manipulando modelos digitales o familiarizándose con tecnología de vanguardia.
En los siguientes capítulos se analizan en profundidad estos laboratorios, sus metodologías pedagógicas y el impacto de la RV en la enseñanza académica.

1.6 Bibliografía

Beck, D., Morgado, L., & O'Shea, P. (2023). Educational practices and strategies with immersive learning environments: Mapping of reviews for using the metaverse. IEEE Transactions on Learning Technologies, 17, 319-341.
http://dx.doi.org/10.1109/TLT.2023.3243946

Berkman, M. I. (2018). History of virtual reality. In Encyclopedia of Computer Graphics and Games (pp. 1–9).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_169-1

Concannon, B. J., Esmail, S., & Roberts, M. R. (2019). Head-Mounted display virtual reality in post-secondary education and skill training. Frontiers in Education, 4.
https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00080

Glännfjord, F., Hemmingsson, H., & Ranada, Å. L. (2016). Elderly people's perceptions of using Wii sports bowling – A qualitative study. Scandinavian Journal of Occupational Therapy, 24(5), 329–338.
https://doi.org/10.1080/11038128.2016.1267259

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. Journal of Computers in Education, 8(1), 1–32.
https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2

Jensen, L., & Konradsen, F. (2017). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. Education and Information Technologies,23(4),1515–1529.
https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0

Levy, F., Rautureau, G., Komano, O., Millet, B., Jouvent, R., & Leboucher, P. (2016). Fear of falling: efficacy of virtual reality associated with serious games in elderly people. Neuropsychiatric Disease and Treatment, 877.
https://doi.org/10.2147/ndt.s97809

Martirosov, S., Bureš, M., & Zítka, T. (2021). Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. Virtual Reality, 26(1), 15–32.
https://doi.org/10.1007/s10055-021-00507-4

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information and Systems, E77, 1321-1329.

https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf

Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. Journal of Educational Psychology, 110(6), 785–797.

https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fedu0000241

Pellas, N., Dengel, A. & Christopoulos, A. (2020). A scoping review of immersive virtual reality in STEM education. IEEE Transactions on Learning Technologies, 13(4), 748-761.

https://ieeexplore.ieee.org/document/9177354

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education, 147.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303276?via%3Dihub

Schroeder, R. (1996). Possible Worlds: The Social Dynamic of Virtual Re-ality Technologies. Boulder: Westview Press. (1-s2.0-S1876139918302688-main, P. 6)

https://www.semanticscholar.org/paper/Possible-Worlds%3A-The-Social-Dynamic-of-Virtual-Schroeder/d378c9ae848307da370034c387f79bf72bef11f9

Shute, V., Rahimi, S., & Emihovich, B. (2017). Assessment for learning in Immersive Environments. In Smart computing and intelligence (pp. 71–87).

https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_5

Spallazzo, D., & Ceconello, M. (2024, October 30). Designing Immersion in Art and Culture. Insights from Artcat4D Project.

https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/book/1246

02

Cómo integrar la RV en los planes de estudio

La revisión de un curso o parte de él para incorporar una experiencia específica mediante herramientas y entornos de RV requiere de un diseño específico que puede tener un impacto sustancial en el plan de estudios. **Recuerde que la RV no pretende sustituir otros enfoques de aprendizaje o recursos didácticos, sino que es una herramienta complementaria que puede mejorar el aprendizaje y las conexiones con otras disciplinas.**

La RV puede integrarse en diferentes etapas de la enseñanza. Por ejemplo, la exploración de la RV puede utilizarse en las etapas previas de una actividad que se desarrolle con metodología de aula invertida. Así mismo, la creación mediante RV puede utilizarse en proyectos cooperativos para profundizar en el aprendizaje de los estudiantes. Además, las simulaciones inmersivas de RV pueden facilitar la comprensión conceptual durante la enseñanza directa al visualizar conceptos abstractos (por ejemplo, la estructura molecular en química o diseños complejos en ingeniería), los escenarios de juegos de rol basados en RV pueden mejorar la participación durante las actividades de evaluación formativa y las visitas virtuales pueden proporcionar oportunidades de aprendizaje experiencial en entornos, que de otro modo serían inaccesibles, como monumentos históricos, instalaciones industriales o ecosistemas remotos.

Los entornos de RV pueden simular fácilmente instalaciones de producción, como plantas químicas, para que los estudiantes las exploren de forma segura, eficiente y económica. Se pueden realizar ejercicios prácticos de ingeniería mecánica sin necesidad de disponer de salas o herramientas específicas. Los estudiantes pueden utilizar instrumentos que podrían ser peligrosos o difíciles de conseguir.

La experiencia multisensorial que la RV ofrece a los estudiantes, puede requerir de un mayor esfuerzo de rediseño de todo el curso, reformulando sus RAE para que los estudiantes alcancen conocimientos y competencias en los niveles altos de la taxonomía de Bloom (como se verá más adelante, esta clasifica los objetivos de aprendizaje en seis niveles) y añadir nuevos objetivos vinculados al ámbito psicomotor, como la capacidad de manipular objetos, o afectivo, como una mejor autorregulación en

situaciones donde se experimente el riesgo.
También es esencial considerar la **participación de un equipo multidisciplinar.** Este puede incluir oficinas institucionales de educación superior que deben aprobar la puesta en marcha de la experimentación con RV y un experto pedagógico que apoye a los profesores en la integración efectiva de la RV en los planes de estudio. Este equipo también debe incluir tecnólogos expertos en RV que colaboren con el profesor en el desarrollo del entorno virtual y personal técnico para instalar y configurar los dispositivos, garantizando la accesibilidad para los estudiantes con discapacidades y el acceso equitativo a la tecnología de RV para todos los estudiantes. Todos estos elementos, que resultan bastante exigentes en términos de tiempo y esfuerzo, implican que se debe planificar cuidadosamente todo el proceso de diseño de forma eficiente y haciendo la experiencia de aprendizaje virtual viable (se dispone de una matriz de ayuda para la toma de decisiones, principalmente en la fase inicial).

Así, Viitaharju (2023) señala algunos elementos que deben tenerse en cuenta:

Identificar las cargas de trabajo de enseñanza y aprendizaje más exigentes dentro de cada objetivo de aprendizaje y encontrar puntos en común entre ellas, que permitan definir claramente un punto de partida en el diseño de la actividad;

Centrarse en áreas de aplicación en las que la RV pueda ponerse a prueba fácilmente, con el potencial de ampliar los materiales desarrollados a lo largo del tiempo;

Crear la experiencia de aprendizaje de manera **que estimule la creación de conexiones con los conocimientos previos y apoye la reelaboración** de esos conocimientos en nuevos conceptos, utilizando una variedad de formatos de contenido que permitan una creación eficiente en cuanto a recursos y una edición fácil con conocimientos técnicos básicos.

2.1 Descripción general y conceptos principales de la RV

La introducción de la RV en la educación puede suponer un reto para los profesores que no están familiarizados con la tecnología y su contexto pedagógico[1], por lo que es fundamental contar con una orientación clara para una implementación eficaz. A diferencia de las herramientas de enseñanza convencionales, la RV requiere una **comprensión tanto del hardware como del software, así como de la naturaleza inmersiva del medio.** También es fundamental gestionar las expectativas en cuanto a los fallos técnicos o los problemas de accesibilidad para todos los estudiantes. Los docentes deben

[1] La relación entre el contexto pedagógico y la tecnología ha sido investigada por Punya Mishra y Matthew J. Koehler en su marco TPACK de 2006, que se centra en el conocimiento tecnológico (TK), el conocimiento pedagógico (PK) y el conocimiento del contenido (CK), y ofrece un enfoque productivo para muchos de los dilemas a los que se enfrentan los profesores a la hora de implementar la tecnología educativa (edtech) en sus aulas.

adquirir un conocimiento básico de las capacidades y limitaciones de la RV para tomar decisiones fundamentadas sobre su integración. Sin esta comprensión, se corre el riesgo de sobreestimar el potencial de la RV o de infrautilizar sus puntos fuertes, lo que conduciría a una implementación ineficaz.

Por esta razón, es esencial crear un equipo multidisciplinar con el que trabajar, que incluya expertos en RV que puedan «traducir» sus necesidades en ajustes técnicos y proponer las posibles soluciones que mejor se adapten al diseño de su proyecto pedagógico, así como diseñadores instruccionales que puedan ayudar a adaptar las aplicaciones de RV a sus objetivos de aprendizaje específicos.

Por lo tanto, los docentes tendrán que actuar no solo como expertos en contenidos, sino también como diseñadores de la experiencia de aprendizaje global. Para reformular su práctica docente es necesario definir con antelación lo que se quiere conseguir y cómo conseguirlo. El siguiente paso para integrar una experiencia de RV en un curso es establecer los **resultados** que desea que alcancen los alumnos, teniendo en cuenta que deben ser:

- **Alineados con el plan de estudio;**
- **Centrados en las necesidades de los estudiantes;**
- **Orientados a mantener la motivación y el compromiso de los alumnos.**

Una vez que los resultados del aprendizaje estén claramente definidos, será posible diseñar tareas de evaluación y actividades docentes que involucren a los estudiantes. La alineación constructiva, tal y como la concibió Biggs (2003), ayudará a hacerlo.
Antes de trabajar en los resultados de aprendizaje de la actividad con RV, conviene tener en cuenta los siguientes aspectos:

Especificar los niveles de la taxonomía de Bloom[2] que se desea que alcancen los alumnos, desde los básicos (recordar, comprender) hasta los de orden superior (aplicar, analizar, evaluar, crear). La RV resulta eficaz a la hora de diseñar experiencias de aprendizaje orientadas a la práctica que se centran en estos niveles superiores, ya que promueve un aprendizaje más profundo y mantiene la carga de trabajo de los profesores dentro de unos límites razonables

El esfuerzo que se desea dedicar a crear dicha experiencia. Cuanto más se oriente la RV a ofrecer un «aprendizaje mediante la práctica» y una experiencia inmersiva, más tiempo, costes, etc., se necesitarán para el desarrollo de sus elementos de diseño (por ejemplo, interacción con objetos, montaje, desplazamiento.

[2] La taxonomía de Bloom es un marco que clasifica los objetivos de aprendizaje educativo en seis niveles jerárquicos de habilidades cognitivas: **Recordar**: recordar hechos y conceptos básicos; **Comprender**: explicar ideas o conceptos; **Aplicar**: utilizar la información en situaciones nuevas; **Analizar**: desglosar la información en partes para explorar patrones y relaciones; **Evaluar**: justificar decisiones u opiniones; **Crear**: producir trabajos nuevos u originales.

La elección cuidadosa del marco pedagógico que guía el diseño de toda la experiencia de RV. En este sentido, la tecnología debe estar subordinada al proceso de diseño del aprendizaje.

En la siguiente tabla se resumen las oportunidades que puede presentar la RV.

NIVEL DE ESFUERZO DEL PROFESOR	*OBJETIVO PRINCIPAL* *(sin limitar a otros)*	*OPORTUNIDADES DE LA RV*	*HERRAMIENTAS* *(ejemplos, sin limitar a otros)*
BAJO; Utilización de contenidos y aplicaciones de RV ya disponibles.	**PARTICIPACIÓN;** Para aumentar el interés y la participación de los estudiantes.	BIBLIOTECAS DE CONTENIDO DISPONIBLES; Acceso a una amplia gama de experiencias de RV existentes que se ajustan a diversas materias, adecuadas para una integración sin esfuerzo.	**ThingLinkVR** Aunque no es totalmente de código abierto, algunas funciones permiten incrustar fácilmente imágenes y vídeos en 360°.
MODERADO; Personalización de plataformas o contenidos de RV existentes.	**MEJORA;** Para profundizar en la comprensión de conceptos complejos.	HERRAMIENTAS DE DESARROLLO COLABORATIVO; Las plataformas que permiten los profesores colaborar en la creación o modificación de contenidos de RV requieren un esfuerzo moderado	**A-Frame (de Mozilla)** Un marco web de código abierto para crear experiencias de RV utilizando un marcado similar al HTML; fácil de adaptar al contenido existente. **Delightex** No es totalmente de código abierto, pero ofrece herramientas aptas para el aula para modificar escenas en 3D, con cierta integración posible a través de herramientas
ALTO; Creación de contenido original de RV desde cero.	**AMPLIACIÓN;** Aplicar los conocimientos en contextos del mundo real o explorar temas más allá del plan de estudios estándar	HERRAMIENTAS DE CREACIÓN AVANZADAS; Software que permite a los profesores (junto con los desarrolladores) crear entornos de RV completos adaptados a necesidades educativas específicas, lo que requiere un gran esfuerzo.	**Unity + XR Interaction Toolkit** Aunque Unity no es de código abierto, muchas bibliotecas de código abierto (como MRTK o VRTK) pueden integrarse en proyectos de RV. **Blender (para modelado 3D)** Suite de creación 3D de código abierto que se utiliza para crear activos que se emplean en entornos de RV personalizados. **OpenXR** API de estándar abierto para el desarrollo de RV/RA, que permite la creación de RV multiplataforma con soporte de código abierto.

Para ayudar eficazmente a los estudiantes a alcanzar los RAE, la experiencia de RV debe ofrecer un entorno en el que los usuarios se sientan plenamente involucrados y presentes.
Las experiencias inmersivas, que suelen presentar, por ejemplo, un alto nivel de fidelidad en la reproducción de los objetos (véase la lista completa de características más adelante), provocan una «sensación de presencia» (la sensación de «estar allí») que puede generar un impacto positivo en su motivación (Ochs, 2022).

De todos modos, los sistemas de baja inmersión, como la RV de escritorio, también son capaces de proporcionar una experiencia de alta presencia a los usuarios (Núñez, 2004), ya que «estar presente y comprometido» implica una combinación de f**actores tecnológicos, cognitivos y emocionales** que influyen en la motivación, estimulan la reflexión profunda, facilitan la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades y, finalmente, llevan a los estudiantes a alcanzar los RAE del curso.

Dicho esto, es posible identificar los elementos clave que pueden incorporarse al diseño del entorno de RV y a las actividades que se llevarán a cabo en él. Como punto de partida, se debe considerar la definición de un **marco de diseño instruccional bien fundamentado**, mientras que los demás elementos pueden equilibrarse de manera diferente en función de los RAE que se deseen alcanzar y del esfuerzo que el docente (y su equipo) puedan dedicar a dicha actividad:

Estructurar la experiencia a través de un **marco pedagógico claro** que pueda mejorar el aprendizaje reflexivo y la conexión del conocimiento (Fowler, 2015).

Interacción activa del alumno, que se refiere al grado de corporización a través de avatares, lo que permite la comunicación, la expresión emocional y la manipulación de objetos. La interacción se refiere a acciones y gestos sobre objetos (como girar, montar, agarrar y obtener retroalimentación en tiempo real sobre las acciones) o la exploración del entorno, así como la interacción con otros usuarios para completar una tarea, por ejemplo, de forma colaborativa.

Participación multisensorial a través de estímulos visuales (gráficos de alta resolución, etc.), auditivos, táctiles (dispositivos de retroalimentación háptica que proporcionan sensaciones físicas) y de movimiento (mediante seguimiento continuo de los movimientos del usuario).

Proporcionar a los usuarios información inmediata después de sus acciones en el entorno virtual y con los objetos, para apoyar los ajustes contextuales en las decisiones tomadas durante la experiencia. Los niveles de dificultad escalonados permiten una progresión a un ritmo adecuado. Todos estos elementos promueven la metacognición, la autorregulación y las habilidades para resolver problemas, favoreciendo el control del usuario sobre su experiencia.

Compromiso emocional a través de narrativas o escenarios convincentes y presencia social.

Fidelidad representativa, es decir, el realismo del entorno, incluyendo los elementos visuales, el comportamiento de los objetos y la comunicación. El realismo abarca no solo los aspectos visuales de la pantalla, sino también la coherencia del comportamiento de los objetos, la autenticidad de la comunicación y la disponibilidad de interacciones, así como la calidad general, tanto en el comportamiento como en la apariencia, de la representación del usuario.

Para profundizar:

Fowler, C. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy? British journal of educational technology, 46(2), 412-422.

DOI: https://doi.org/10.1111/bjet.12135

Este artículo critica la integración de la RV en la educación, argumentando que, si bien la RV ofrece un potencial para el aprendizaje inmersivo, su adopción a menudo carece de un marco pedagógico claro. Hace hincapié en la necesidad de un enfoque estructurado para garantizar que la RV mejore los resultados educativos de manera eficaz.

Núñez, D. (2004, November). How is presence in non-immersive, non-realistic virtual environments possible? In Proceedings of the 3rd international conference on Computer graphics, virtual reality, visualisation and interaction in Africa (pp. 83-86).

DOI: https://doi.org/10.1145/1029949.1029964

Este artículo examina el fenómeno de la presencia en entornos virtuales no inmersivos y no realistas. Sugiere que la presencia no depende únicamente de la inmersión o el realismo, sino que puede verse influida por factores cognitivos como la atención y la memoria de trabajo. El estudio sostiene que, incluso en entornos menos inmersivos, los usuarios pueden experimentar una sensación de presencia si dedican suficientes recursos cognitivos al procesamiento del entorno virtual.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education, 147, Article 103778.

https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Los autores llevaron a cabo una revisión sistemática de la RV inmersiva (IVR) en la educación superior, destacando su potencial para mejorar la participación y los resultados del aprendizaje. El estudio identifica elementos clave de diseño y retos cotidianos, como la usabilidad y las demandas de recursos. Concluye con un llamamiento a realizar más investigaciones sobre la eficacia a largo plazo y la integración pedagógica.

2.2 Diseño de integración de la experiencia de RV y el plan de estudios

Los RAE expresan **lo que se espera que el alumno sepa o haga después de completar una oportunidad de aprendizaje**, por ejemplo, «Los alumnos serán capaces de replicar los procedimientos de seguridad para acceder y operar en una planta química».

Independientemente del esfuerzo que se prevea, el primer paso es establecer los resultados de aprendizaje que se espera que alcancen los estudiantes, ya que estos resultados orientarán el diseño de tareas de evaluación, así como de las actividades de enseñanza y aprendizaje significativas con valor añadido al proceso formativo.

2.2.1 Resultados de aprendizaje esperados (RAE): ¿por qué son importantes?

La formulación eficaz de los RAE sirve de guía en el diseño de la simulación y responde a preguntas concretas, como:

- **¿Qué deben saber o ser capaces de hacer los alumnos? Resultados de aprendizaje esperados**
- **¿Cómo se medirá el aprendizaje? Tareas de evaluación**
- **¿Cómo aprenderán los alumnos? Actividades de enseñanza y aprendizaje**

Los RAE se derivan de los objetivos del curso y deben ser coherentes con ellos. Lo ideal es que **los resultados del aprendizaje de un curso constituyan una hoja de ruta** hacia el destino final del aprendizaje; en otras palabras, en conjunto, los RAE deben presentar una imagen clara del propósito de las actividades y del curso, así como de lo que los alumnos serán capaces de hacer al final de los mismos. Los RAE pueden referirse no solo a los conocimientos y habilidades relacionados con los temas del curso **(conocimientos propios de la disciplina y habilidades específicas de la materia), sino también a habilidades y competencias transversales**. Cuando se trabaja o se estudia con RV, incluso los ámbitos afectivos y psicomotor se ven afectados de alguna manera. El uso de la RV puede fomentar la autoeficacia y la confianza (en particular en el sector sanitario y de la salud), la comunicación y la colaboración entre compañeros y la gestión del tiempo (Hickman, 2017; Hafner, 2013; Angel-Urdinola, 2021).

Sugerimos consultar el marco ESCO[3] para las habilidades y competencias transversales (clasificación de habilidades, competencias y ocupaciones europeas) a fin de identificar las principales categorías en las que se pueden organizar estas habilidades. Este marco tiene en cuenta no solo las habilidades cognitivas, sino también las habilidades manuales y las competencias afectivas (como resolver conflictos, mostrar empatía y motivar a los demás).

CONOCIMIENTOS DISCIPLINARIOS
Temas del curso/sección/lección

COMPETENCIAS TRANSVERSALES
Habilidades transversales a todos los puestos de trabajo y sectores y relacionadas con las competencias personales y sociales (Cedefop[3])

COMPETENCIAS BÁSICAS	***HABILIDADES DE PENSAMIENTO***	***HABILIDADES DE AUTOGESTIÓN***
▪ Dominio de idiomas ▪ Trabajar con números y medidas ▪ Trabajar con dispositivos y aplicaciones digitales	▪ Procesamiento de información, ideas y conceptos ▪ Planificar y organizar ▪ Resolver problemas ▪ Pensar de forma creativa e innovadora	▪ Trabajar de manera eficiente ▪ Adoptar un enfoque proactivo ▪ Adoptar un enfoque proactivo ▪ Demostrar voluntad de aprender
HABILIDADES SOCIALES Y COMUNICATIVAS	***HABILIDADES FÍSICAS Y MANUALES***	***HABILIDADES PARA LA VIDA***
▪ Comunicación ▪ Apoyo a los demás ▪ Colaboración en equipos y redes ▪ Liderar a otros ▪ Seguir un código ético de conducta	▪ Manipular y controlar objetos y equipos ▪ Responder a circunstancias físicas	▪ Aplicar habilidades y competencias empresariales y financieras ▪ Aplicar habilidades y competencias relacionadas con la salud ▪ Aplicar habilidades y competencias culturales ▪ Aplicar habilidades y competencias cívicas ▪ Aplicar conocimientos generales ▪ Aplicación de habilidades y competencias medioambientales

▲ Tab. 2.2.1: Habilidades y competencias que deben tenerse en cuenta al formular los resultados de aprendizaje esperados

[3] Marco ESCO https://esco.ec.europa.eu/en/classification/skill_main

Al formular los RAE para un curso rediseñado y con el fin de abordar, en la medida de lo posible, el desarrollo de la RV, se debe tener en cuenta no solo el ámbito cognitivo, sino también las esferas emocional y psicomotora. **La taxonomía de Bloom** describe los objetivos educativos como pertenecientes a tres ámbitos:

Afectivo: considera cómo el alumno afronta las cosas emocionalmente, por lo que incluye comportamientos que indican actitudes de conciencia, responsabilidad, capacidad de escuchar y responder en las interacciones con los demás; y la capacidad de demostrar aquellas características actitudinales o valores que son apropiados para la situación de prueba y el campo de estudio (por ejemplo, la eficacia percibida del aprendizaje y la satisfacción con el entorno virtual).

Psicomotor: se demuestra mediante habilidades físicas o habilidades motoras finas para realizar tareas o movimientos (coordinación, manipulación, velocidad, uso de instrumentos o herramientas de precisión).

Cognitiva: relacionada con el conocimiento y el desarrollo intelectual. Implica los siguientes procesos: pensar, comprender, analizar, aplicar, evaluar y crear información.

Los ámbitos predefinidos son constructos analíticos que a menudo son difíciles de distinguir en la práctica: por lo general, se producen interacciones entre estos ámbitos, lo que difumina sus límites.

Se clasifican los diferentes tipos de aprendizaje, en cada ámbito, con un grado creciente de complejidad, desde el nivel básico hasta el más complejo.

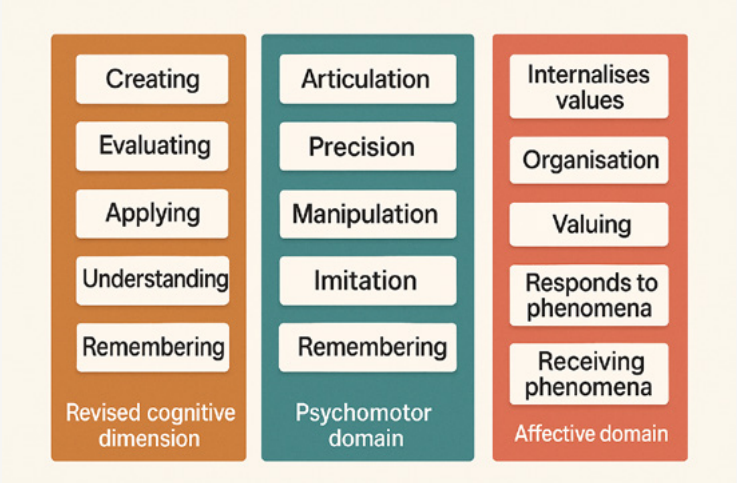


Fig. 2.2.1: Ámbitos de la taxonomía de Bloom desde el nivel básico (abajo) hasta el más complejo (arriba).
Fuentes: Bloom et al. (1956); Dave (1970); Anderson et al.(2001).

2.2.2 ¿Cómo formular los RAE?

Los RAE deben ser comprensibles para los estudiantes y expresarse desde su punto de vista, utilizando «los estudiantes serán capaces de»:

Un verbo (acción esperada, es decir, qué tipo de actividad podrán realizar los estudiantes).

Un objeto (el contenido de la acción).

Si es necesario: **el contexto** (dónde actuará el estudiante, es decir, dónde aplicarán los estudiantes la competencia adquirida).

Si es posible: **el criterio** para alcanzar la competencia o, en otros términos, cómo sabrá que un estudiante ha cumplido el objetivo.

Es fundamental ajustar cada RAE utilizando un verbo significativo que describa lo que los estudiantes serán capaces de hacer como resultado del proceso de aprendizaje: idealmente, un **verbo de acción que pueda observarse y medirse.** Si está formulando un RAE, intente preguntarse: «¿Cómo lo evaluaría?». Si el RAE le sugiere una evaluación clara, eso probablemente significa que su RAE es eficaz. Al diseñar la experiencia de RV, es esencial tener en cuenta los tres ámbitos y elegir con precisión los verbos que describen lo que espera que los alumnos sean capaces de hacer al finalizar la oportunidad de aprendizaje.

- **Ejemplo menos eficaz**

Los estudiantes aprenderán las características clave de un biorreactor de fermentación en las tres configuraciones diferentes: por lotes, por lotes alimentados y quimiostato.

- **Ejemplo más eficaz**

Los estudiantes serán capaces de **exponer** las características clave de un biorreactor de fermentación en tres configuraciones diferentes: por lotes, por lotes alimentados y quimiostato, aplicando balances de materia a los diferentes componentes y a las células. [COMPRENSIÓN] [APLICACIÓN] [EVALUACIÓN] (véase la ***fig. 2.2.1***)

Habilidades transversales

- ***Los estudiantes serán capaces de identificar*** *y ensamblar los elementos que constituyen las tres configuraciones diferentes de un biorreactor de fermentación [MANIPULACIÓN] [PRECISIÓN]*

- ***Los estudiantes serán capaces de reconocer*** *las implicaciones éticas y medioambientales de los biorreactores de fermentación y expresar su compromiso con las prácticas de bioprocesamiento sostenibles. [VALORACIÓN] [INTERIORIZACIÓN DE VALORES] (véase la fig. 2.2.1)*

Caja de inspiración

Universidad Estatal de Arkansas, ejemplos concretos de aprendizaje organizados por categoría de conocimiento en los tres ámbitos
https://www.astate.edu/a/assessment/assessment-resource-links/files/Revised-Bloom%20s-Taxonomy-All-Domains.pdf

Ejemplos de verbos para los ámbitos cognitivo, afectivo y psicomotor de la Escuela Politécnica de Red Deer

Ejemplos de uso de la RV de la Universidad de Maryland
https://www.umaryland.edu/fctl/resources/technology/emerging-trends/virtual-reality-vr/#page-1

Para profundizar:

Maastricht University Institute for Education Innovation (EDLAB). (2016). The UM Handbook for Constructive Alignment

https://edlab.nl/wp-content/uploads/2022/01/CoAl_PDF_final_version.pdf

El manual del Instituto para la Innovación Educativa de la Universidad de Maastricht ofrece orientación práctica sobre cómo alinear los resultados de aprendizaje previstos, los métodos de enseñanza y la evaluación en la educación superior. Hace hincapié en el aprendizaje centrado en el estudiante para mejorar la eficacia y la coherencia educativa.

Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J. (2013). Teaching Methodology for Virtual Reality Practical course in Engineering Education. Procedia Computer Science, 25, 251–260

https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.031

Este artículo presenta una metodología docente para integrar la RV en la educación en ingeniería, centrada en mejorar las habilidades prácticas a través del aprendizaje inmersivo. Su enfoque hace hincapié en aumentar la participación de los estudiantes y mejorar la comprensión conceptual en materias técnicas complejas.

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. Journal of Computers in Education, 8(1), 1-32.

https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2

Los autores llevaron a cabo una revisión sistemática en la que examinaron la eficacia de la RV inmersiva (IVR) como herramienta pedagógica en la educación. Tras analizar 29 estudios experimentales, descubrieron que la IVR suele mejorar los resultados del aprendizaje, especialmente en materias complejas o procedimentales, aunque los resultados varían en función del diseño de la intervención y los métodos de evaluación.

2.3 Tarea de evaluación

La evaluación es fundamental no solo para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, sino también para medirlo. Una evaluación adecuada puede poner a prueba lo que se ha aprendido y enseñado o, en otras palabras, puede determinar si un estudiante ha alcanzado los objetivos de aprendizaje institucionales establecidos en términos de conocimientos disciplinarios, psicomotores y emocionales, así como de habilidades sociales y digitales. También promueve el aprendizaje de los estudiantes al fomentar la preparación, la participación en el proceso de evaluación y la reflexión a través de la retroalimentación.

Además, ayuda a los instructores a comprender cómo responden los estudiantes a sus métodos de enseñanza y a evaluar la eficacia con la que se adaptan a la experiencia de **RV**.

El proceso es transparente y accesible tanto para el personal como para los estudiantes; por ejemplo, los profesores comunican claramente el propósito, los requisitos y los estándares esperados de cada tarea de evaluación. Los estudiantes reciben comentarios específicos y constructivos, lo que les ayuda a comprender cómo mejorar su rendimiento en el futuro.
Las evaluaciones de **RV** se diferencian de las evaluaciones tradicionales en los siguientes aspectos clave:

- **Materialización e interactividad:** el aprendizaje se muestra a través de la acción, no solo de la palabra o la escritura.
- **Recopilación dinámica de pruebas:** los profesores pueden analizar datos de comportamiento, vías de decisión e interacciones espaciales
- **Escenarios ricos en contexto:** los alumnos responden a entornos complejos y cambiantes, que exigen pensamiento crítico y adaptabilidad.
- **Bucles de retroalimentación:** la RV permite una retroalimentación inmediata a través de respuestas de simulación, lo que ofrece más oportunidades para la evaluación formativa.

A diferencia de los entornos de aprendizaje tradicionales, la RV permite a los alumnos sumergirse en escenarios complejos e interactivos que reflejan contextos del mundo real en los que pueden navegar por entornos, tomar decisiones, manipular objetos y resolver problemas. Por lo tanto, es esencial, por un lado, promover un sistema que fomente el desarrollo de la experiencia mientras se actúa en la RV y, por otro, una evaluación que **verdaderamente valore** la adquisición de habilidades transversales, competencias emocionales y psicomotoras, así como el conocimiento cognitivo, la realización de tareas y **artefactos digitales.**

Durante la fase de diseño, es necesario trabajar en la:

- **Orientación al rendimiento:** proporcionar retroalimentación en tiempo real para que los estudiantes comprendan inmediatamente las consecuencias de sus acciones. Por ejemplo, bloquear el progreso del estudiante después de un error hasta que lo haya corregido (Sankaranarayanan et al., 2018; Fracaro et al., 2021), o mostrar el efecto explosivo en una planta industrial, cuando se configuran incorrectamente parámetros específicos.

- **Orientación al comportamiento de aprendizaje autorregulado:** integrar actividades de autorreflexión, como cuestionarios de autoevaluación, informes sobre la actividad realizada, debates, etc., durante o después de una tarea de formación para verificar la comprensión y ofrecer explicaciones más detalladas o proponer materiales para profundizar, con el fin de fomentar su capacidad para gestionar sus propios pensamientos, emociones y acciones mientras adquieren nuevas habilidades o conocimientos (Panadero, 2017; Zimmerman, 2000).

Gracias a la naturaleza digital de la RV, y cuando es eficaz, el uso de gafas RV y mandos permite realizar un seguimiento y recopilar automáticamente una amplia gama de datos que pueden ofrecer a los instructores (y otros agentes interesados) información valiosa sobre el rendimiento de los alumnos. Los datos pueden referirse al uso, el rendimiento y el comportamiento, así como al análisis de las emociones y el análisis predictivo, además de los datos biométricos.

Estos datos, junto con los resultados de las tareas y las evaluaciones de los artefactos digitales producidos durante las actividades de reflexión o análisis, contribuirán a una valiosa evaluación de las experiencias de RV. De hecho, es esencial planificar **múltiples tipos de datos de evaluación**, tanto dentro de la RV (análisis, comportamientos, artefactos) como fuera de ella (reflexiones, debates, trabajos escritos), y adaptar **las tareas y las rúbricas para evaluar tanto el proceso como el producto**, combinando a menudo el rendimiento en tiempo real con la interpretación posterior a la RV.

Si bien estos conocimientos pueden mejorar significativamente la evaluación y personalizar el aprendizaje, también suscitan preocupaciones sobre la vigilancia, la propiedad de los datos y el consentimiento informado. Los docentes deben asegurarse de que los datos recopilados se utilicen de forma responsable, se almacenen de forma segura y se compartan solo con las partes interesadas adecuadas. Es esencial ser transparente con los estudiantes y los profesores sobre qué datos se recopilan, cómo se utilizan y durante cuánto tiempo se conservarán.

La RV también puede utilizarse como escenario en el que se lleva a cabo la evaluación. Bogomolova et al. (2021) presentaron un experimento en anatomía, en el que el estudiante debía responder a una serie de preguntas centradas en temas que son difíciles de evaluar en papel (identificar las

estructuras de la parte inferior de la pierna, determinar sus relaciones espaciales y funciones, e indicar las funciones deterioradas en un escenario clínico). La sesión de evaluación, de 10 minutos de duración, se llevó a cabo con interacción en tiempo real entre el estudiante y el evaluador, durante la cual el estudiante debía responder a preguntas específicas después de manipular el modelo virtual.

2.3.1 Funciones de la evaluación

La siguiente tabla propone algunas opciones sobre los datos de origen que se pueden recopilar para lograr resultados de evaluación específicos, así como las actividades que se pueden diseñar para recopilarlos, en consonancia con las cuatro funciones básicas de la evaluación educativa: diagnóstica, formativa, sumativa y de promoción de la calidad.

DIMENSIÓN	*RESULTADO*	*MOMENTO*	*DATOS DE ORIGEN*	*ACTIVIDADES* *(algunos ejemplos)*
Diagnóstica	Planificar la enseñanza, evaluar los conocimientos, conceptos erróneos y habilidades previos de los alumnos.	Antes del aprendizaje (antes del curso/ unidad/tema).	▪ Rendimiento académico previo o puntuaciones en pruebas previas. ▪ Selección inicial de herramientas o intentos de tareas en RV. ▪ Patrones de navegación y vacilaciones. ▪ Tiempo necesario para completar tareas básicas.	▪ Introducir a los alumnos en una simulación sin orientación previa para observar sus respuestas instintivas. ▪ Permitir la exploración libre en una RV y observar en qué se centran o qué evitan los estudiantes. ▪ Proponer cuestionarios en línea para evaluar los conocimientos previos o la confianza antes de la sesión de RV. ▪ Pedir a los alumnos que narren sus decisiones durante el primer intento de una tarea de RV.
Formativa	Reflexionar sobre hasta qué punto se han alcanzado los resultados del aprendizaje para orientar el aprendizaje.	Durante el aprendizaje (experiencia de RV + actividades de reflexión).	▪ Registros de simulación en tiempo real (errores, uso de herramientas, rutas). ▪ Frecuencia de uso de pistas o guías del sistema. ▪ Puntuaciones de cuestionarios integrados en la RV. ▪ Respuestas de audio o texto en la RV. ▪ Notas de observación del profesor. ▪ Reflexiones y autoevaluaciones de los alumnos.	▪ Incluir microtareas con retroalimentación instantánea y observación de la toma de decisiones. ▪ Después de las actividades de RV, pedir a los alumnos que rellenen cuadros de reflexión o diarios (digitales o en papel). ▪ Organizar debates en pequeños grupos en los que los alumnos expliquen lo que hicieron en la RV y por qué. ▪ Detener la simulación en momentos clave para hacer preguntas. ▪ Observar a los alumnos mientras realizan tareas en RV y proporcionar comentarios en tiempo real o poco después.

Sumativa	Evaluación del logro de los resultados del aprendizaje, calificación.	Después del aprendizaje.	▪ Resultados finales o finalización de tareas en RV. ▪ Artefactos generados en RV (por ejemplo, modelos 3D, objetos digitales). ▪ Precisión y complejidad de las decisiones tomadas en los escenarios. ▪ Grabaciones de vídeo/ audio de la sesión de RV de los alumnos. ▪ Ensayos o presentaciones posteriores a la simulación. ▪ Evaluaciones basadas en rúbricas.	▪ Pedir a los alumnos que completen un reto del mundo real (por ejemplo, diseñar un hábitat, gestionar un negocio). ▪ Pedir a los alumnos que conviertan las reflexiones de sus experiencias de RV en ensayos formales. ▪ Utilizar rúbricas estandarizadas para evaluar el rendimiento basándose en grabaciones o registros. ▪ Combinar la experiencia de RV con una prueba tradicional o una defensa oral de las decisiones tomadas en la RV.
Promoción de la calidad	Mejora de la enseñanza / herramienta de RV.	Después del curso/lección.	▪ Agregar análisis del rendimiento en RV (por ejemplo, tasas de éxito, tiempo medio). ▪ Patrones en las reflexiones o comentarios de los alumnos. ▪ Mapas de calor y datos de uso de entornos de RV. ▪ Entradas en el diario del profesor/alumno y registros de informes.	▪ Utilizar los datos de RV para identificar las deficiencias del plan de estudios y proponer revisiones. ▪ Herramientas de evaluación como: - Escala de Usabilidad del Sistema - Medir el malestar/mareo inducido por la RV; - Evaluar la calidad y comodidad general de la RV. ▪ Utilizar análisis de la plataforma para ver las tendencias y ajustar la enseñanza en consecuencia. ▪ Mantener registros de lo que funcionó bien y lo que no durante el uso de la RV.

▲ Tab. 2.3.1: Funciones de evaluación en la RV con los datos y actividades de origen relativos.

2.3.2. Ejemplos de tareas de evaluación

A continuación, se muestran algunos **ejemplos** prácticos **de tareas de evaluación alineadas de forma constructiva** que se pueden aplicar en función de los RAE que el profesor desea que los alumnos alcancen.

Las tareas descritas pueden formar parte de la evaluación formativa o implementarse como elementos de la evaluación sumativa que contribuyen a la calificación del curso.

Ejemplo práctico de tarea de evaluación alineada

Resultado de aprendizaje esperado
Los estudiantes serán capaces de identificar y ensamblar los elementos que componen las tres configuraciones diferentes de un biorreactor de fermentación.

Tarea de evaluación
Cuadro de reflexión
Habilidades/competencias desarrolladas: *autorreflexión, pensamiento crítico y autorregulación.*
Otras habilidades: *manipulación y control de objetos y equipos*

El profesor ofrece contenido teórico a los alumnos, explicando las tres configuraciones del biorreactor durante la clase, y luego los alumnos deben completar una tarea en la instalación virtual de bioprocesamiento. Después de la experiencia de RV, se pide a cada alumno que complete una tabla de reflexión digital (formulario de Google, cuestionario SGA u hoja de trabajo en PDF), en la que deben describir brevemente los componentes clave utilizados, las características distintivas y los ejemplos de aplicación de cada configuración. El profesor puede dar puntos a los alumnos tras completar la actividad de forma satisfactoria.

En el laboratorio de RV
En el laboratorio de RV, los alumnos pueden encontrar cuestionarios formativos para comprender mejor el uso y las características de cada componente del biorreactor y recibir retroalimentación inmediata tras montarlos incorrectamente.

Ejemplo práctico de tarea de evaluación alineada

Resultado de aprendizaje esperado
Los estudiantes serán capaces de identificar un compuesto desconocido mediante la interpretación de datos espectrales y su comportamiento en reacciones simuladas.

Tarea de evaluación
Informe
Habilidades sociales desarrolladas: resolución de problemas, trabajo en equipo, análisis de datos y comunicación.
Otras habilidades incluyen la precisión en el uso de instrumentos de laboratorio.
En pequeños grupos, los estudiantes entran en un laboratorio virtual donde se les encarga identificar un compuesto desconocido. En una sesión cronometrada, examinan datos espectrales y realizan simulaciones de reacciones para obtener una propuesta de solución. A continuación, cada grupo presenta un breve informe en el que describe los pasos que ha seguido, sus conclusiones y el razonamiento que hay detrás de su solución. A continuación, los profesores evalúan tanto el proceso como el resultado final utilizando una rúbrica.

En el laboratorio de RV
Los recursos de aprendizaje (diapositivas, PDF, páginas web, etc.) están integrados en la RV para buscar pistas que ayuden a encontrar la solución. También es posible dejar que el sistema proporcione comentarios detallados en caso de que la simulación no tenga éxito.

Ejemplo práctico de tarea de evaluación alineada

Resultado de aprendizaje esperado
Los estudiantes serán capaces de realizar procedimientos paso a paso, de forma segura y precisa, para el mantenimiento y la inspección de equipos en un entorno de planta química.

Tarea de evaluación

Debate y prueba de opción múltiple
Habilidades sociales desarrolladas: *autoorganización, resolución de problemas y gestión del estrés.*
Otras habilidades: *pensamiento procedimental, atención al detalle, conciencia de la seguridad, habilidades psicomotoras*

Los alumnos se sitúan individualmente en un laboratorio químico virtual donde deben realizar el procedimiento correcto de mantenimiento e inspección de equipos, basándose en el contexto inicial propuesto por el profesor. El sistema de RV realiza un seguimiento de cada acción. Una vez completada la tarea, se genera una puntuación de rendimiento basada en la precisión, el cumplimiento del protocolo y la capacidad de reaccionar ante situaciones imprevistas. A partir de los resultados obtenidos, el profesor propone un debate en grupo para destacar los pasos más difíciles y comparar las diferentes decisiones tomadas. A continuación, se propone una prueba de opción múltiple para reflexionar sobre los errores o las tareas/procedimientos críticos que necesitan aclaración. El profesor también puede revisar la grabación de la sesión y utilizar una lista de verificación para la calificación

En el laboratorio de RV
Proporcionar preguntas de autoevaluación de opción múltiple integradas en la RV para cada tema o tarea compleja o crucial que se espera que el alumno ejecute

2.3.3 Rúbrica

Una rúbrica es una herramienta que define claramente las **expectativas en las tareas y los trabajos desempeñados** mediante una lista de criterios, en la que para cada criterio, se describen los niveles de calidad. La rúbrica es una herramienta muy flexible que puede desarrollarse para evaluar tanto los conocimientos disciplinarios como las habilidades sociales y digitales.

Una rúbrica se compone de las siguientes partes esenciales:

- **la lista de criterios** que se utilizarán para evaluar el rendimiento, idealmente vinculados a los RAE que se van a evaluar.
- **una escala (y puntuación) que describe el nivel de dominio** (por ejemplo, supera las expectativas, cumple las expectativas, no cumple las expectativas o básico, competente, avanzado).
- **los descriptores de rendimiento que describen los distintos niveles de calidad** de los componentes/dimensiones en cada nivel de dominio. Este elemento debe ser lo más detallado posible para facilitar la autoevaluación y la evaluación entre pares por parte de los estudiantes. A continuación se muestra un ejemplo concreto y aplicado. También puede encontrarse un ejemplo editable aquí (véase el kit de inicio).

Ejemplo práctico de tarea de evaluación alineada

Resultado de aprendizaje previsto
Los estudiantes serán capaces de analizar y comunicar los resultados de una sesión de laboratorio simulada, aplicando la estructura y la terminología científicas.

Tarea de evaluación
Informe de laboratorio virtual
Tras una sesión de RV sobre cinética enzimática en un laboratorio de biología, los alumnos redactan un informe de laboratorio estructurado que incluye el objetivo, la metodología, los datos, el análisis y las conclusiones. Los informes se envían a través del SGA y se califican con una rúbrica que se centra en la claridad, la precisión científica y el pensamiento crítico.

Ejemplo de rúbrica analítica:
Expresa diferentes dimensiones del rendimiento de la RV en los tres ámbitos diferentes (cognitivo, afectivo y psicomotor) y en el resultado (el informe), proporcionando calificaciones para cada dimensión: véase un ejemplo de rúbrica analítica en el apéndice del siguiente artículo: Hamid, R., et al. (2012). Evaluación del dominio psicomotor en el trabajo de laboratorio de tecnología de materiales. Procedia - Ciencias sociales y del comportamiento, 56, 718-723.

https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.708

Caja de inspiración

Universidad de Utica, Rúbrica de calificación de cuadernos de laboratorio
https://www.utica.edu/academic/Assessment/new/NB_Rubric.pdf

Universidad Alabama A&M comparte una lista de ejemplos de rúbricas para evaluar diferentes tipos de resultados de aprendizaje STEM: rúbricas FAS

https://www.aamu.edu/academics/colleges/agricultural-life-natural-sciences/departments/food-animal-sciences/_documents/rubrics-fas2018.pdf

Equipo de evaluación de la Facultad de Negocios y Tecnología, rúbrica para evaluar el rendimiento de los estudiantes en equipos

https://wit.edu/sites/default/files/2020-10/Teamwork-Assessment-Rubric.pdf

2.3.4 Resumen

NIVEL DE BLOOM	TIPOS DE TAREAS DE RV ADECUADAS	EJEMPLO DE TAREA	MÉTODOS DE EVALUACIÓN SUGERIDOS
RECORDAR	Exploraciones en 360°, visitas guiadas	Visita virtual a un museo o una planta química	Cuestionario de opción múltiple (dentro o después de la RV), Escala de Usabilidad del Sistema
COMPRENDER	Visualizaciones de conceptos, tutoriales de RV	Observar procesos químicos en RV	Preguntas integradas, Escala de Usabilidad del Sistema y Medir el malestar/mareo inducido por la RV (Cuestionario de Neurociencia de RV)
APLICAR	Simulaciones interactivas, tareas de ramificación basadas en decisiones	Establecer parámetros de proceso en una simulación de laboratorio	Registro del rendimiento de las tareas, seguimiento de errores, comentarios en RV
ANALIZAR	Diagnósticos basados en escenarios, análisis de datos en RV	Interpretación de vías de reacción o anomalías	Redacción reflexiva, análisis de mapas de calor, debate colaborativo
EVALUAR	Juego de roles con pensamiento crítico, simulaciones con resultados ramificados	Evaluar las implicaciones éticas de las decisiones tomadas en el laboratorio	Evaluación por pares, rúbrica,registros de comportamiento, sesiones informativas abiertas
CREAR	Prototipos de RV, tareas de diseño colaborativo, narrativa de los contenidos generados	Diseñar una configuración de reactor virtual o presentar los resultados	Modelos 3D, resultados basados en proyectos, posteriormente a la sesión RV defensa oral de los resultados

▲ Tab. 2.3.4: Tareas de RV y métodos de evaluación para cada nivel de conocimiento de Bloom

2.4 Actividades de enseñanza y aprendizaje (AEA)

Una vez que se hayan establecido los resultados que se desea que alcancen los alumnos y definido cómo se les evaluará, la alineación constructiva puede ayudar a diseñar las **AEA**.
Estas son fundamentales para permitir **que los alumnos desarrollen la capacidad de cumplir los criterios de evaluación** y, por lo tanto, alcancen los RAE.

¿Cómo se puede ayudar a los estudiantes al comienzo del curso a alcanzar los objetivos establecidos? Diseñando y planificando desde el inicio las actividades que los alumnos deben realizar antes, durante y después de la experiencia de RV.
Al diseñar la integración en el curso de las actividades de RV es importante tener en cuenta los siguientes elementos:

Formación previa: dado que es posible que muchos usuarios no estén acostumbrados a la RV, se recomienda planificar varias sesiones de formación paso a paso guiadas por RV o incluso de exploración libre, antes de que los alumnos realicen las tareas reales para alcanzar los RAE formulados. También es esencial organizar una sesión previa en la que se compartan con los alumnos las instrucciones, las expectativas y las actividades (consultar la lista de verificación que ayudará a diseñar esta fase). Incluso se puede invitar a los alumnos, antes de la formación, a explorar el entorno y familiarizarse con las gafas RV y los mandos. Esta es la fase ideal para identificar cualquier problema con la percepción 3D, la visión estereoscópica o la sensibilidad al mareo en algunos alumnos.

Sesión formativa: debe ser una sesión sistemática en la que los alumnos, guiados por un facilitador, identifiquen y expresen sus reacciones a la simulación, lo que les brinda una oportunidad para la reflexión y el aprendizaje profundo (Fanning, 2007). La sesión formativa puede incluir comentarios del software de simulación, una auto-formación y/o una formación provista de herramientas como escala de usabilidad del sistema, medir el malestar/mareo inducido por la RV y evaluar la calidad y comodidad general de la RV (véase la tabla 2.3.1).

Reflexión posterior: con el fin de mejorar la retención de conocimientos y el valor de la RV en el trabajo de habilidades cognitivas de alto nivel, mediante actividades posteriores que promuevan una comprensión conceptual más profunda y la metacognición, como por ejemplo debates con compañeros o con el profesor, preguntas abiertas, debates, redacción reflexiva, etc.

Duración de las sesiones de RV: con fines educativos, la duración sugerida para las sesiones de RV es de **entre 20 y 70 minutos,** aunque dependiendo del tipo de actividad, la duración ideal variará. El límite superior se puede aplicar cuando el software de RV cumple con altos estándares de calidad (según la evaluación de herramientas como el Cuestionario de Neurociencia de RV, evaluando

la calidad y comodidad general de la RV) y cuando los usuarios están adecuadamente familiarizados con el sistema a través de tutoriales introductorios. Sin embargo, las sesiones más largas pueden aumentar el riesgo de síntomas inducidos por la RV (por ej. desorientación, mareos, etc), aunque estos pueden mitigarse con características de diseño inmersivo, como gráficos mejorados, calidad de sonido mejorada e instrucciones útiles dentro del juego.

Trabajo en equipo: es un enfoque valioso en la planificación de actividades en RV, principalmente porque fomenta el desarrollo de las habilidades de colaboración y trabajo en equipo de los estudiantes. En segundo lugar, facilita la organización de las instalaciones de RV, ya que el número de dispositivos (ordenadores, gafas RV, etc.) disponibles para las experiencias de RV suele ser menor que el número de estudiantes. En este enfoque, mientras una persona explora el entorno de RV, a otras se les asignan diferentes tareas (por ejemplo, estudiar material adicional para apoyar al estudiante en RV, dar instrucciones a un compañero que está en RV, etc.) o asumir diversos roles dentro de una actividad más compleja en la que la RV representa solo un paso.

2.4.1 ¿Qué marco utilizar para (re)diseñar las AEA con el fin de adaptarlas a la RV?

Los métodos didácticos más eficaces para diseñar una experiencia de RV están vinculados principalmente a los principios de la teoría constructivista (Cao et al., 2023), que hacen hincapié en **el papel activo de los alumnos** en la construcción de sus propios conocimientos y comprensión. En particular:

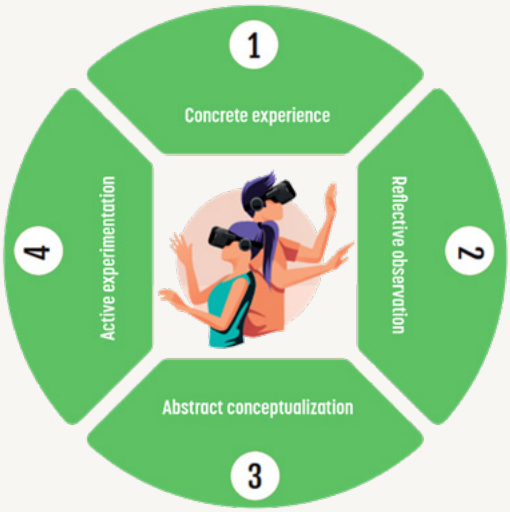
- **Los alumnos se basan activamente en sus conocimientos previos** para dar sentido a la nueva información.
- **Las interacciones sociales** con los compañeros, los profesores y el entorno, desempeñan un papel crucial en el proceso de aprendizaje.
- **El aprendizaje es más eficaz cuando se aplica a contextos reales o relevantes.**
- **Los alumnos interactúan** activamente con su entorno **para construir conocimientos con la orientación del profesor**.

Las narrativas, los objetos y las actividades de la RV pueden estructurarse mediante diferentes métodos. Se profundiza en algunos de ellos, ofreciendo ejemplos concretos sobre cómo configurarlos. Los ejemplos pueden adaptarse fácilmente a diferentes disciplinas:

El ciclo de Kolb

Es un modelo de aprendizaje que parte de la base de que el aprendizaje es un proceso que crea

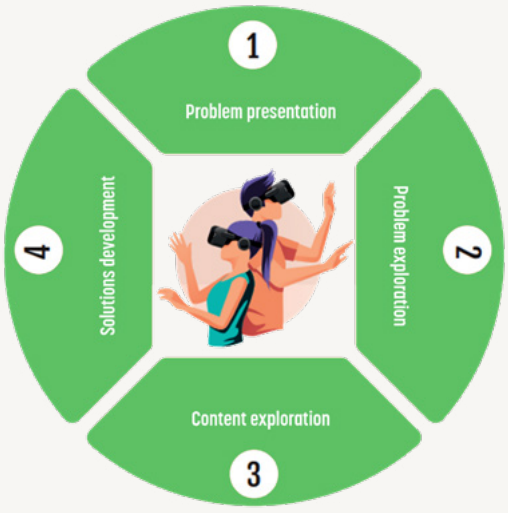
conocimiento: se realiza una experiencia concreta, se reflexiona sobre lo ocurrido y se transforma la experiencia aplicando lo aprendido. Se basa en 4 etapas que se repiten cíclicamente (experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización y experimentación activa, véase la fig. 2.4.1.1).
De este modo, las nuevas experiencias impulsan en gran medida el desarrollo de nuevos conceptos, y el aprendizaje implica la adquisición de conceptos abstractos que luego pueden aplicarse de manera flexible en diversas situaciones.



▲ Fig. 2.4.1.1: El ciclo de Kolb

Aprendizaje basado en problemas

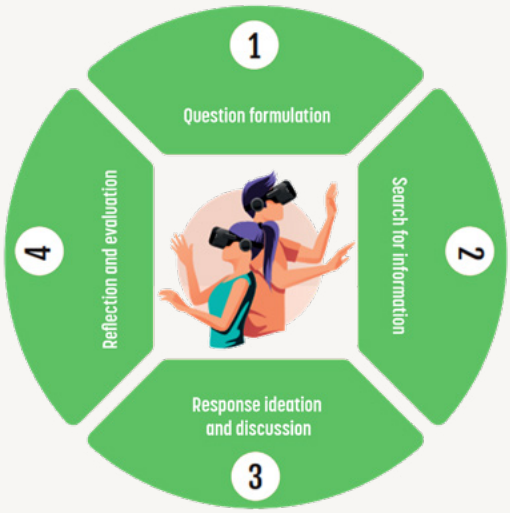
El aprendizaje basado en problemas es un método didáctico en el que se introducen problemas relevantes que carecen de una respuesta bien definida al comienzo del ciclo didáctico, y **los estudiantes aprenden sobre la materia a través de la experiencia de resolver un problema abierto**.



▲ Fig. 2.4.1.2: Aprendizaje basado en problemas

Aprendizaje basado en la investigación

El aprendizaje basado en la investigación promueve el aprendizaje de los estudiantes a través de una **investigación lo más independiente posible independiente de cuestiones, problemas y temas complejos**. En lugar de enseñar los resultados de las investigaciones de otros, que los estudiantes aprenden de forma pasiva, el profesor plantea una o más preguntas significativas y ayuda a los estudiantes a aprender a través de una investigación activa del tema.



▲ Fig. 2.4.1.3: Aprendizaje basado en la investigación

Ejemplo práctico de una actividad alineada de forma constructiva

Ciclo de Kolb, individual

Resultado de aprendizaje esperado
Los estudiantes serán capaces de identificar y ensamblar los elementos que componen las tres configuraciones diferentes de un biorreactor de fermentación.

Tarea de evaluación
Cuadro de reflexión

Actividades de enseñanza y aprendizaje s
15 minutos de introducción a la actividad + 30/60 minutos (dependiendo del número de dispositivos disponibles) de formación en RV + 30 minutos de actividad en RV + 30 minutos de reflexión + 30 minutos de conceptualización + RV.

Habilidades/competencias desarrolladas: *autorreflexión, pensamiento crítico y autorregulación.*
Otras habilidades: *manipulación y control de objetos y equipos.*

Experiencia concreta: durante la lección, el profesor ofrece una explicación teórica a los alumnos sobre el funcionamiento de un biorreactor, sus tres posibles configuraciones, etc. Por último, presenta la actividad de RV, la tarea y las modalidades que se van a adoptar. Una vez en el laboratorio de RV, el profesor invita a los alumnos a familiarizarse con el entorno y los dispositivos antes de comenzar la actividad.
A continuación, los alumnos entran en una instalación virtual de bioprocesamiento, donde interactúan con una interfaz digital que simula un laboratorio de fermentación. Cada uno de ellos tiene la tarea de obtener un producto predeterminado, que se alcanza según la diferente configuración de biorreactor elegida.

Observación reflexiva: Después de la experiencia de RV, se pide a cada estudiante que complete una tabla de reflexión digital (formulario de Google, cuestionario SGA u hoja de trabajo en PDF) en la que, para cada configuración, deben describir brevemente los componentes clave utilizados, las características únicas y los ejemplos de aplicación. El profesor reflexiona con los estudiantes sobre la experiencia realizada (repasando las actividades, haciendo preguntas, etc.).

Debe describir brevemente los componentes clave utilizados, las características únicas y los ejemplos de aplicación. El profesor reflexiona con los alumnos sobre la experiencia realizada (repasando las actividades, haciendo preguntas, etc.).

Conceptualización abstracta: El profesor abstrae el proceso de la experiencia práctica que acaban de realizar y establece la conexión con los conceptos teóricos. La fase de conceptualización también puede llevarse a cabo de forma colaborativa, estimulando a los alumnos a conectar los puntos clave de la experiencia realizada con los conceptos teóricos, posiblemente a través de un documento o mapa compartido.

Experimentación activa: Los alumnos vuelven a entrar en el entorno para repetir la experiencia, teniendo en cuenta las discusiones que han tenido lugar.

En el laboratorio de RV
Vergara (2019) recomendó que en los laboratorios experimentales de RV se adoptara un protocolo paso a paso como método para mejorar la retención de conocimientos a largo plazo.

En el laboratorio de RV, los estudiantes pueden encontrar cuestionarios formativos para comprender mejor el uso y las características de cada componente del biorreactor y recibir comentarios inmediatos después de montarlos incorrectamente.

Consejo fácil de aplicar: El profesor puede proponer un cuestionario para centrarse en los elementos principales de cada configuración y los pasos de montaje antes de la experiencia de RV.

Ejemplo práctico de una actividad alineada de forma constructiva
Aprendizaje basado en problemas, en parejas

Resultado de aprendizaje esperado
Los alumnos serán capaces de **realizar** de forma segura y precisa los procedimientos paso a paso para el mantenimiento y la inspección de los equipos en el entorno de una planta química.

Tarea de evaluación
Debate y test de opción múltiple

Actividad de enseñanza y aprendizaje
15 minutos para presentar las normas de RV y la actividad + 60 minutos de formación en RV + 30 minutos x 2 en RV + 30/45 minutos de debate + 15 minutos de prueba

Habilidades/competencias sociales: *autoorganización, resolución de problemas, gestión del estrés.*
Otras habilidades: *pensamiento procedimental, atención detallada, conciencia de la seguridad y habilidades psicomotoras*

El profesor presenta un problema inicial que se produjo en una planta química y que los alumnos, por parejas, deben resolver. Se proporciona a los alumnos todas las instrucciones y referencias necesarias para realizar la actividad, así como el tiempo necesario para familiarizarse con la RV antes de comenzar. Los alumnos, trabajando en parejas, tienen que actuar en RV mientras su compañero guía la actividad a través del escritorio, utilizando el material proporcionado por el instructor.

Mientras están en RV, deben identificar el problema, resolverlo y completar el procedimiento de mantenimiento e inspección. Una vez completada la actividad, se genera una puntuación de rendimiento basada en la precisión, el cumplimiento del protocolo y la capacidad de reaccionar ante situaciones imprevistas. A partir de los resultados obtenidos, el profesor propone una puesta en común para destacar los pasos más difíciles y comparar las diferentes decisiones tomadas. A continuación, se propone un test de opción múltiple para reflexionar sobre los errores o las tareas/procedimientos críticos que necesitan aclaración. El profesor también puede revisar la grabación de la sesión y utilizar una rúbrica para la calificación

En el laboratorio de RV
El fallo de los procedimientos de emergencia puede representarse mediante consecuencias «reales», como explosiones, derrumbes, para que los alumnos puedan experimentar sin riesgo alguno.

Consejo fácil de aplicar: la RV se puede implementar como una actividad de tipo “aula invertida”, es decir, que propone a los alumnos estudiar y revisar los procedimientos en casa, siempre antes de clase, y luego utilizar el tiempo de clase para realizar ejercicios virtuales.

Ejemplo práctico de una actividad alineada de forma constructiva
Aprendizaje basado en problemas, gamificado

Resultado de aprendizaje esperado
Los alumnos serán capaces de identificar un compuesto desconocido interpretando datos espectrales y el comportamiento de una reacción simulada.

Tarea de evaluación
Informe de grupo mediante rúbrica

Actividad de enseñanza y aprendizaje
20 minutos para la introducción del escenario + 15 minutos para presentar las reglas de la RV y la actividad + 60 minutos de formación en RV y organización de equipos + 30 minutos x 3 de actividad en RV + 30 minutos de resumen + elaboración del informe en casa + 60 minutos de presentación de soluciones y resumen final

Habilidades/competencias sociales desarrolladas: *resolución de problemas, trabajo en equipo, análisis de datos y comunicación*
Otras habilidades desarrolladas: *precisión en el uso de instrumentos de laboratorio*

El profesor presenta un escenario problemático del mundo real en el que los alumnos deben identificar un compuesto desconocido basándose en datos espectrales y en el comportamiento simulado de una reacción. Se proporciona a los alumnos contenido teórico sobre el que pueden profundizar durante la RV. En la siguiente lección, los alumnos se dividen n, los alumnos tienen acceso a , un conjunto de recursos de aprendizaje. Los equipos gestionan su propio flujo de trabajo dividiendo las tareas: algunos miembros manejan los instrumentos en el laboratorio de RV, mientras que otros revisan el contenido teórico y recopilan los resultados. A medida que avanza la sesión, los alumnos recopilan e interpretan datos espectrales, simulan reacciones químicas e intentan identificar el compuesto. Cuando se acaba el tiempo, el profesor propone una sesión informativa para recopilar comentarios sobre la experiencia virtual. Cada equipo trabaja en un informe grupal, a través del cual cada grupo presenta su solución.

El informe se finalizará en casa. En la siguiente lección, los equipos presentan sus soluciones, el profesor explica la respuesta correcta y anuncia el equipo ganador.

En el laboratorio de RV
Los recursos de aprendizaje (diapositivas, PDF, páginas web, etc.) están integrados en la RV para buscar pistas que ayuden a encontrar la solución. También es posible permitir que el sistema proporcione comentarios detallados en caso de que la prueba no tenga éxito

Consejo fácil de aplicar: animar a los alumnos a llevar un diario de las sesiones de RV o a grabar sus observaciones clave mediante grabaciones de voz durante la experiencia para facilitar la redacción del informe.

En la siguiente tabla se presentan algunas sugerencias adicionales sobre la integración de actividades de RV:

ACTIVIDAD	*ASUNTO*	*ACTIVIDAD ALINEADA DE MANERA CONSTRUCTIVA*
CICLO DE KOLB EN EQUIPOS	GESTIÓN DE EMERGENCIAS CLÍNICAS	**Actividad:** dentro de la simulación, los estudiantes trabajan en equipos, formulan un diagnóstico, inician el tratamiento y colaboran con los miembros del equipo virtual para resolver el problema. Después de la actividad, los miembros del equipo reflexionan sobre sus decisiones desde la perspectiva de las funciones que se les han asignado. El profesor facilita este debate, destacando la dinámica del grupo y el proceso de toma de decisiones. A continuación, el profesor ayuda a los estudiantes a extraer principios generales de la experiencia y a relacionarlos con el contenido teórico del curso. Los estudiantes vuelven a entrar en un nuevo escenario virtual, aplicando sus conocimientos y poniendo a prueba su comprensión en un entorno similar basado en el trabajo en equipo. **Tarea de evaluación:** la evaluación se basa en el rendimiento en el escenario de RV, centrándose en las acciones críticas, el trabajo en equipo y las habilidades técnicas y no técnicas. A cada caso se le asigna una puntuación basada en su relevancia clínica dentro de una rúbrica personalizada, que incluye una puntuación total y un desglose detallado por categoría de habilidades. **Sugerencia:** todas las fases se llevan a cabo en línea a través de un sistema de videoconferencia. **Más información en:** https://asmepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tct.13727
APRENDIZAJE BASADO EN ESCENARIOS	HABILIDADES TRANSVERSALES + BIOLOGÍA	**Actividad:** los estudiantes juegan a Cellverse, un juego colaborativo de RV sobre biología celular. Los participantes asumen roles distintos (navegador o explorador) y trabajan en parejas para resolver problemas espaciales comunicándose de manera eficaz, aprovechando sus roles y conocimientos previos para mejorar la colaboración y la resolución de problemas. **Más información en:** https://upload01.uocslive.com/ISTE/ISTE2019/PROGRAM_SESSION_MODEL/HANDOUTS/112190528/CellverseISTEhandoutdocx.pdf https://www.researchgate.net/publication/336240793_Designing_for_Group_Flow_in_Collaborative_Cross-Platform_Learning_Experiences

APRENDIZAJE BASADO EN LA INVESTIGACIÓN	FÍSICA U OTRAS DISCIPLINAS	**Actividad:** el profesor formula preguntas que los alumnos pueden responder después de explorar la RV o un vídeo en 360°. El profesor presenta él mismo el escenario o el contexto y pide a los alumnos que lean o vean otros recursos (artículos, vídeos, libros, etc.) antes de invitar a los alumnos, con diferentes roles en cada equipo, a empezar a reflexionar y debatir las preguntas iniciales. A continuación, los alumnos comienzan el «viaje virtual» y recopilan información para elaborar una respuesta. Cada equipo comparte sus respuestas con la clase (oralmente o mediante un documento compartido). El profesor recopila las respuestas y abre un período de debate, tratando de guiar a los alumnos hacia una síntesis común. El profesor concluye la actividad compartiendo la(s) respuesta(s) correcta(s): a partir de estas, puede lanzar una breve reflexión, útil para proponer nuevos contenidos o nuevas preguntas, con vistas a las siguientes lecciones. **Tarea de evaluación (propuesta):** cada equipo escribe un comentario sobre cada respuesta compartida en clase utilizando la técnica de la rosa y la espina, especificando lo que le gusta (rosa) y lo que debería mejorarse (espina). . **Más información en:** https://www.nytimes.com/2020/10/29/learning/lesson-plans/virtual-reality-curriculum-guide-experience-immersion-and-excursion-in-the-classroom.html#link-66027f44
APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS	QUÍMICA	**Actividad:** el curso está estructurado para sumergir a los alumnos en el papel de un investigador químico moderno, en particular un científico forense, utilizando un enfoque de aprendizaje reflexivo y experiencial centrado en el juego de RV Dead Herring. Comienza con los alumnos compartiendo sus percepciones iniciales sobre la investigación química moderna, para después establecer las expectativas de su rol y mentalidad como investigadores. A continuación, experimentan individualmente el juego de RV, reflexionando sobre su enfoque metodológico, el aprendizaje de la química y la experiencia inmersiva. Después del juego, los estudiantes analizan sus experiencias en relación con sus opiniones iniciales, lo que fomenta una comprensión más profunda. En la segunda fase, cada estudiante crea materiales didácticos innovadores para las clases de química de la escuela, incorporando conceptos químicos contemporáneos o herramientas digitales como la RV. **Tarea de evaluación:** revisión por pares a través de debates en grupo. **Más información en:** https://pubs.sciepub.com/wjce/9/1/1/

▲ Tab. 2.4.1: Ejemplos prácticos sobre cómo integrar la RV en la didáctica

2.4.2 Programa y plan de clases

Es esencial que la integración de la RV, en todas sus posibilidades, quede clara para los estudiantes en el programa de estudios de su curso (plantilla editable disponible aquí). A continuación se enumeran los aspectos esenciales en los que puede centrarse.

Información del curso: describir claramente el papel de la RV en el curso, incluyendo su finalidad (por ejemplo, mejorar el aprendizaje mediante simulaciones inmersivas; potenciar las habilidades transversales, prepararación para un laboratorio real, etc.) y su alineación con los objetivos de aprendizaje.

Resultados de aprendizaje esperados: detallar lo que se desea que los estudiantes logren, no solo en términos de conocimientos y habilidades relacionados con el conocimiento disciplinario, sino también en los ámbitos psicomotor y afectivo, así como en términos de habilidades transversales relevantes.

Materiales y recursos del curso: especificar el hardware (por ejemplo, gafas RV y mandos, Oculus Rift, HTC Vive), el software (Unity 3D, ViRSE API) y los recursos complementarios, como tutoriales o libros de texto para el desarrollo de la RV.

Sesiones de laboratorio: describir en detalle las actividades de laboratorio, incluyendo horarios para talleres prácticos y estudio independiente. Recuerde planificar actividades que ofrezcan flexibilidad de tiempo para realizar las tareas en RV, ya que los usuarios pueden sumergirse tanto en la experiencia que se distraigan (Cao et al., 2023)

Formación previa en RV: la actividad de formación previa debe programarse antes de la experiencia de RV para familiarizarse con el hardware y el entorno virtual y optimizar el tiempo durante el laboratorio «real», puesto que se ha demostrado que aumenta la transferencia de conocimientos y la autoeficacia (Meyer et al., 2019)

Reunión previa: debe organizarse muy próxima a la celebración de la actividad de RV para compartir instrucciones, expectativas y actividades.

Sesiones de informe: deben programarse al final de las actividades de RV para fomentar la reflexión sobre los conocimientos adquiridos (Parong y Mayer, 2018) y sobre el funcionamiento de la experiencia, teniendo en cuenta los objetivos de aprendizaje y el propio proceso de aprendizaje (metacognición).

Inclusividad: dejar claro que todos los estudiantes pueden acceder a la experiencia de RV a través de alternativas (por ejemplo, versiones de escritorio) y plazos flexibles. Fomentar un entorno abierto en el que los estudiantes puedan expresar sus preocupaciones u optar por actividades equivalentes sin penalización.

Logística: proporcionar información sobre el acceso a los laboratorios de RV, la disponibilidad de equipos, la asistencia para la resolución de problemas y los plazos para completar las tareas. Promover activamente la disponibilidad de recursos de RV a los estudiantes como herramienta de estudio complementaria

Cuestiones de privacidad: advertir a los estudiantes que las aplicaciones de RV pueden recopilar datos personales, de comportamiento o biométricos durante su uso e invitarles a utilizar las herramientas de RV de forma responsable y a ser conscientes de la configuración de privacidad y las políticas de datos.

Caja de inspiración

Gannon, K. (12 de septiembre de 2018). How to Create a Syllabus Advice Guide. The chronicle of Higher Education

https://www.chronicle.com/interactives/advice-syllabus

Plantilla de información previa de eCampus Ontario, sobre el campo de la asistencia sanitaria
https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/1641/2022/02/Table-3.1-Prebriefing-Template-1.pdf

En el kit de herramientas para docentes de simulación virtual de eCampusOntario se ofrecen algunos ejemplos de modelos de informe y la estructura o el proceso que emplean

https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/1641/2022/02/Table-5.1-Debriefing-Model-Examples-Based-on-Pivec-2011-Dreifuerst-2012-Gardner-2013-Lusk-2013-1.pdf

2.4.3 Herramientas y recursos

Incorporar herramientas de RA y RV al aula no tiene por qué ser caro. Se pueden adquirir recursos disponibles, que van desde visores de bajo precio como Google Cardboard hasta equipos con buena relación calidad-precio, en los que se acoplan los teléfonos inteligentes. En Internet es posible encontrar software y recursos digitales que se pueden integrar o reutilizar en los cursos.

En la tabla siguiente se puede encontrar una lista de herramientas y recursos gratuitos (en este momento) que se pueden explorar.

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	*TIPOLOGÍA*
Labsim https://nova.disfarm.unimi.it/labsim/index_it.htm	LABSIM ES UN SIMULADOR PARA LABORATORIOS DE QUÍMICA ANALÍTICA INORGÁNICA.
Labxchange https://www.labxchange.org/library	HERRAMIENTA DIGITAL, DESARROLLADA POR LA UNIVERSIDAD DE HARVARD, QUE OFRECE RECURSOS CIENTÍFICOS (SIMULACIONES, EVALUACIONES, VÍDEOS, ETC.) PARA CREAR LECCIONES.
MERLOT https://www.merlot.org/merlot/index.htm	OFRECE SIMULACIONES Y LABORATORIOS VIRTUALES EN CUALQUIER CAMPO DE ESTUDIO.
MoleculARweb https://molecularweb.epfl.ch/	PLATAFORMA WEB GRATUITA QUE UTILIZA LA REALIDAD AUMENTADA (RA) PARA AYUDAR A LOS ESTUDIANTES A VISUALIZAR E INTERACTUAR CON ESTRUCTURAS MOLECULARES EN 3D Y CONCEPTOS QUÍMICOS.
Nearpod https://nearpod.com/	UNA HERRAMIENTA QUE PERMITE A LOS PROFESORES DESARROLLAR PLANES DE LECCIONES CON TECNOLOGÍA RV Y RA.
Simulaciones interactivas PhET https://phet.colorado.edu/	COLECCIÓN DE SIMULACIONES INTERACTIVAS GRATUITAS QUE PERMITEN A LOS ESTUDIANTES EXPLORAR CONCEPTOS CIENTÍFICOS A TRAVÉS DE LA EXPERIMENTACIÓN PRÁCTICA.
TimeLooper https://www.timelooper.com/	APLICACIÓN PARA VISITAR LUGARES DESDE UN PUNTO DE VISTO HISTÓRICO.
Unreal Engine https://www.unrealengine.com/en-US	ES UNA PLATAFORMA DE CREACIÓN 3D EN TIEMPO REAL DESARROLLADA POR EPIC GAMES, UTILIZADA PRINCIPALMENTE PARA CREAR VIDEOJUEGOS, SIMULACIONES Y EXPERIENCIAS INTERACTIVAS. ES PARCIALMENTE GRATUITA.

RV y simulaciones de la Universidad de Staten Island https://library.csi.cuny.edu/oer/virtuallabs-simulations	UNA COLECCIÓN DE LABORATORIOS Y SIMULACIONES QUE EL PROFESORADO PUEDE UTILIZAR EN EL CONTEXTO DEL APRENDIZAJE A DISTANCIA, REALIZADA POR EL COLLEGE OF STATEN ISLAND (USA).
RV y simulaciones de la Escuela de Minas de Colorado https://libguides.mines.edu/oer/simulationslabs	COLECCIÓN DE LABORATORIOS Y SIMULACIONES DE LA ESCUELA DE MINAS DE COLORADO (USA).
RV 360: The New York Times https://www.youtube.com/playlist?list=PL4CGYNsoW2iCGZa3_Pes8LP_jQ_GPTW8w	LOS VÍDEOS 360 PERMITEN EXPERIENCIAS INMERSIVAS Y REALES QUE MEJORAN LA EMPATÍA, EL PENSAMIENTO CRÍTICO Y EL COMPROMISO.
360Cities https://www.360cities.net/	APLICACIÓN PARA VISITAR LUGARES DE TODO EL MUNDO.

▲ Tab. 2.4.2: Herramientas y recursos gratuitos en línea para la RV

2.5 Retos

La adopción de la RV por parte de profesores y alumnos se ve ralentizada por retos como:

RETO DE LOS DOCENTES	*DESAFÍOS DE LOS ESTUDIANTES*
FALTA DE HABILIDADES TÉCNICAS Y CONFIANZA PARA MANEJAR EL EQUIPO Y EL SOFTWARE DE RV.	LAS BRECHAS EN LA ALFABETIZACIÓN DIGITAL ESTÁN AFECTANDO LA CAPACIDAD DE INTERACTUAR CON EL CONTENIDO DE RV DE MANERA CRÍTICA.
LOS ALTOS COSTES DEL HARDWARE, EL SOFTWARE Y EL MANTENIMIENTO DE LA RV.	ACCESO DESIGUAL A DISPOSITIVOS DE RV, INTERNET DE ALTA VELOCIDAD Y ENTORNOS FAVORABLES (BRECHA DIGITAL).
DIFICULTAD PARA INTEGRAR LA RV PEDAGÓGICAMENTE EN EL PLAN DE ESTUDIOS Y LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE.	PROBLEMAS DE SALUD COMO MAREOS, FATIGA OCULAR Y MOLESTIAS DURANTE EL USO DE LA RV.
DISPONIBILIDAD LIMITADA DE CONTENIDOS EDUCATIVOS DE RV DE ALTA CALIDAD Y ALINEADOS CON EL PLAN DE ESTUDIOS.	POSIBILIDAD DE DISTRACCIÓN Y SOBRECARGA COGNITIVA EN ENTORNOS DE RV INMERSIVOS.
SOPORTE INFORMÁTICO INSUFICIENTE Y DIFICULTADES TÉCNICAS EN LA CONFIGURACIÓN Y LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.	EXPOSICIÓN TARDÍA O INCONSISTENTE AL APRENDIZAJE CON RV DEBIDO A SU LENTA ADOPCIÓN.
LIMITACIONES DE TIEMPO PARA APRENDER, PREPARAR E IMPLEMENTAR LECCIONES DE RV.	BARRERAS DE ACCESIBILIDAD PARA LOS ESTUDIANTES CON DISCAPACIDADES DEBIDO A LA FALTA DE FUNCIONES DE RV ADAPTATIVAS.
PREOCUPACIONES SOBRE LA EFICACIA DE LA RV Y LA CAPACIDAD DE CONVENCER A LOS RESPONSABLES INSTITUCIONALES.	LOS COSTES DE SUSCRIPCIÓN Y LAS CUOTAS RECURRENTES LIMITAN EL ACCESO CONTINUO AL CONTENIDO DE RV (SI NO SE LIMITA A LA EXPERIENCIA DEL CURSO).
NECESIDAD DE DESARROLLO PROFESIONAL CONTINUO Y APOYO ENTRE COMPAÑEROS.	LA SOBRECARGA SENSORIAL PROVOCA INCOMODIDAD O DESINTERÉS.
GESTIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN EL AULA Y GARANTÍA DE UNA COMUNICACIÓN FORMAL EN ENTORNOS DE RV.	
GARANTIZAR UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EQUITATIVA PARA TODOS LOS ESTUDIANTES.	

▲ Tab. 2.5.1: Retos de la integración de la RV en la didáctica

Garantizar que tanto los docentes como los alumnos estén preparados para utilizar la RV de forma eficaz en entornos educativos requiere un enfoque estructurado que abarque la formación, la comunicación clara y el apoyo continuo. Las siguientes estrategias se basan en ejemplos reales de buenas prácticas de la integración de la RV educativa.

Ofrecer programas de formación estructurados que abarquen, por un lado, los pasos principales del proceso de diseño (conceptos principales de la RV, alineación con los objetivos de aprendizaje, prácticas con contenidos de RV, desarrollo del programa de estudios y del plan de clases) y, por otro lado, las habilidades técnicas y pedagógicas necesarias para adquirir mayor confianza en la aplicación de la RV en la didáctica

Comunicación eficaz y directrices claras del profesor a los alumnos para que conozcan los objetivos de la integración de la RV, las expectativas, el apoyo ofrecido y los comentarios, junto con los protocolos e instrucciones relacionados con el uso de la RV, la seguridad, la etiqueta digital y la privacidad. Esto implica planificar una sesión informativa inicial para generar confianza y una sesión informativa final para aumentar la conciencia sobre las áreas que se pueden mejorar en la experiencia diseñada por el profesor, haciéndola más eficaz y valiosa para los alumnos.

Apoyo continuo estructurado a través de personal experto en TIC y RV capaz de garantizar la asistencia durante el uso de la RV y asegurar el mantenimiento adecuado de las herramientas y los dispositivos; apoyo entre pares y grupos de prácticas para que los instructores colaboren, compartan las mejores prácticas y se asesoren mutuamente dentro de un sistema de gestión del aprendizaje (SGA) dedicado a centralizar el contenido de RV, realizar un seguimiento del progreso y proporcionar análisis tanto para los instructores como para los alumnos.

Enfoques de aprendizaje combinado: integrar la RV con los métodos de enseñanza tradicionales para maximizar la participación y los resultados del aprendizaje, en lugar de depender únicamente de la RV.

2.6 Diseño de experiencias de aprendizaje inclusivas con RV

Al comenzar a diseñar actividades de aprendizaje basadas en la RV, es importante tener en cuenta una serie de necesidades de los alumnos, incluidas las relacionadas con las diferencias físicas, cognitivas, sensoriales y situacionales.

Así, resulta importante comenzar reconociendo que algunos alumnos pueden experimentar sensibilidad al movimiento o sobrecarga sensorial en entornos virtuales. Para mitigar estos retos, es útil:

Limitar la duración de las sesiones de RV a periodos de tiempo más cortos (por ejemplo, de 10 a 15 minutos) e incorporar descansos.

Dar prioridad a la comodidad del usuario en la mecánica de navegación: a menudo se prefieren funciones como el teletransporte o los giros rápidos al movimiento continuo.

Evitar los movimientos rápidos, los efectos de parpadeo y los estímulos visuales abrumadores.

Ofrecer a los estudiantes la posibilidad de personalizar los ajustes de movimiento según su nivel de comodidad, siempre que sea posible.

La accesibilidad para los estudiantes con discapacidades también debe abordarse desde el principio. Para aquellos con discapacidades visuales, considere la posibilidad de ofrecer formatos alternativos, como simulaciones compatibles con lectores de pantalla, recursos táctiles o tutoriales de audio descriptivos. Los alumnos con movilidad reducida deben poder participar plenamente desde una posición sentada, con opciones de entrada que incluyan controles reasignables o compatibilidad con teclado/ratón. Y para los alumnos con epilepsia fotosensible, es fundamental evitar los elementos visuales parpadeantes y comunicar claramente por adelantado cualquier posible desencadenante. **Ofrecer siempre una versión no RV de la experiencia cuando sea necesario.**

Los modelos de interacción flexibles pueden marcar una gran diferencia. Diseñar la experiencia para adaptarse a los estudiantes y que estos puedan participar sentados o de pie, según sus necesidades individuales. Incorporar múltiples métodos de entrada, como comandos de voz, selección con la mirada o controladores simplificados, para adaptarse a una amplia gama de capacidades motoras.

Las tareas deben estructurarse de manera que los alumnos puedan progresar a su propio ritmo, con oportunidades de apoyo y ajuste según sea necesario.
En muchos casos, no todos los estudiantes tendrán el mismo nivel de acceso al hardware de RV, especialmente en entornos híbridos o fuera del campus. Para promover la equidad, se debe considerar la posibilidad de ofrecer alternativas basadas en la web o compatibles con ordenadores de sobremesa, y seleccionando herramientas multiplataforma que permitan múltiples modos de participación. Si la disponibilidad de hardware es limitada, se deben contemplar programas de préstamo de dispositivos o acceso estructurado a través de laboratorios y centros de aprendizaje.

Desde el punto de vista del diseño instruccional, comprobar que los RAE formulados sean alcanzables tanto a través de la RV como de vías alternativas, incluida su evaluación. Se debe dejar claro en el programa la posibilidad de utilizar alternativas a la RV.

2.7 Guía de inicio rápido

PASOS	EN RV	ESTIMACIÓN DE TIEMPO	PERSONAL
Decisión: ¿Por qué utilizar la RV?	Alta interactividad, inmersión, aprendizaje espacial o simulación en tiempo real		Experto en la materia
Resultados de aprendizaje previstos (RAE)	Se formularán para los conocimientos disciplinarios y las habilidades específicas de la materia, así como para las habilidades y competencias transversales	0,5 días	Experto en la materia Diseñador instruccional
Estrategia de evaluación	Cuestionarios de RV integrados, decisiones de ramificación de escenarios y rúbricas basadas en los RAE.	2 días	Experto en la materia Diseñador instruccional
Actividades de enseñanza y aprendizaje (AEA)	Pre-RV: Orientación + objetivos En la RV: Simulación, exploración, tareas Post-RV: Reflexión, debate, tarea	1-2 días para el diseño	Experto en la materia Diseñador instruccional
Plan de evaluación	Medir el éxito utilizando: ▪ Eficacia del aprendizaje (pruebas, observación) ▪ Compromiso y usabilidad (formularios de retroalimentación, mapas de calor) ▪ Rendimiento técnico (índice de fallos)	1 día	Técnico de RV Diseñador instruccional Experto en la materia
Implementación de RV	Crear la experiencia mediante software específico (por ejemplo, Unity/Unreal)	Dependiendo del nivel de realidad e interactividad (normalmente se necesita un proceso de revisión iterativo entre el desarrollador de RV, el experto en la materia y el diseñador instruccional)	Desarrollador de RV Experto en la materia Diseñador instruccional
Funcionamiento de la RV	Preparación de la sala, el plan de la lección y el material que se va a utilizar, apoyo y realización de la valoración y la evaluación.	1 día en total Pre-RV 60 min En RV 30 min Post-RV 30 min	Experto en la materia Técnico de RV

2.8 Bibliografía

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.) (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Longman.

Angel-Urdinola, D. F., Castillo-Castro, C., & Hoyos, A. (2021). Meta-analysis assessing the effects of virtual reality trainingonstudentlearningandskillsdevelopment.Washington,DC:WorldBank. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/204701616091079027

Beck, D., Morgado, L., & O'Shea, P. (2023). Educational Practices and Strategies with Immersive Learning Environments: Mapping of Reviews for using the Metaverse. IEEE Transactions on Learning Technologies. doi: 10.1109/TLT.2023.3243946

Bell, J. T., & Fogler, H. S. (1997). Ten steps to developing virtual reality applications for engineering education. Paper presented at the Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference.

Biggs, J. (2003). Aligning teaching for constructing learning. Higher Education Academy, 1(4), 1-4.

Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. New York: D.MacKay

Bogomolova, K., Hierck, B. P., Looijen, A. E., Pilon, J. N., Putter, H., Wainman, B., Hovius, S. E R, Van der Hage & van der Hage, J. A. (2021). Stereoscopic three-dimensional visualisation technology in anatomy learning: A meta-analysis. Medical education, 55(3), 317-327. DOI: https://doi.org/10.1111/medu.14352

Cao, Y., Ng, G.-W., & Ye, S.-S. (2023). Design and Evaluation for Immersive Virtual Reality Learning Environment: A Systematic Literature Review. Sustainability, 15(3), 1964 https://doi.org/10.3390/su15031964

Cedefop (2017). Defining, writing and applying learning outcomes: a European handbook. Luxembourg: Publications Office http://dx.doi.org/10.2801/566770

Chen, C. J. (2009). Theoretical bases for using virtual reality in education. Themes in science and technology education, 2, 71-90.

Retrievable at: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131320.pdf

Coan, H. A., Goehle, G., & Youker, R. T. (2020). Teaching Biochemistry and Molecular Biology with Virtual Reality — Lesson Creation and Student Response. J. Teach. Learn. Special Issue Digit. Learn. High. Educat. 14 (1), 71– 92.

https://doi.org/10.22329/jtl.v14i1.6234

Fanning, R. M., & Gaba, D. M. (2007). The role of debriefing in simulation-based learning. Simulation in healthcare, 2(2), 115-125. DOI: 10.1097/SIH.0b013e3180315539

Fowler, C. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy?. British journal of educational technology, 46(2), 412-422.

Fracaro, S. G., Chan, P., Gallagher, T., Tehreem, Y., Toyoda, R., Bernaerts, K., Glassey, J., Pfeiffer, T., Slof, B., Wachsmuth, S. & Wilk, M. (2021). Towards design guidelines for virtual reality training for the chemical industry. Education for Chemical Engineers, 36, 12-23

https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.014

Goodwin, M. S., Wiltshire, T., & Fiore, S. M. (2015). Applying Research in the Cognitive Sciences to the Design and Delivery of Instruction in Virtual Reality Learning Environments. In (pp. 280-291). Springer International Publishing.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-21067-4_29

Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J. (2013). Teaching methodology for virtual reality practical course in engineering education. Procedia Computer Science, 25, 251-260.

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. Journal of Computers in Education, 8(1), 1-32.

https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2

Harrow, A.J. (1972). A taxonomy of the psychomotor domain. New York: David McKay Co.

Hickman, L., & Akdere, M. (2017, November). Exploring virtual reality for developing soft-skills in STEM education. In 2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF) (pp. 461-465). IEEE.

Holopainen, J., Lahtevanoja, A. J., Mattila, O., Sodervik, I., Poyry, E., & Parvinen, P. (2020). Exploring the learning outcomes with various technologies: Proposing design principles for virtual reality learning environments. Proceedings of the 53rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences

Lee, E. A.-L., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. Computers & Education, 55(4), 1424–1442.

https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL). Educational Psychology Review, 33(3), 937-958.

https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2

Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy?. British journal of educational technology, 46(2), 412-422.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017-1054.
https://doi.org/10.1111/j.1467 9620.2006.00684.x (Original work published 2006)

Nunez, D. (2004, November). How is presence in non-immersive, non-realistic virtual environments possible? In Proceedings of the 3rd international conference on Computer graphics, virtual reality, visualisation and interaction in Africa (pp. 83-86).

Ochs, C., & Sonderegger, A. (2022). The interplay between presence and learning. Frontiers in Virtual Reality, 3, 742509.

Panadero, E., Jonsson, A., & Botella, J. (2017). Effects of self-assessment on self-regulated learning and self- efficacy: Four meta-analyses. Educational research review, 22, 74-98.

Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. Journal of Educational Psychology, 110(6), 785.

Pellas, N., Mystakidis, S., & Kazanidis, I. (2021). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. Virtual Reality, 25(3), 835-861.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education, 147, Article 103778.
https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Sankaranarayanan, G., Wooley, L., Hogg, D., Dorozhkin, D., Olasky, J., Chauhan, S., Fleshman, J.W., De, S., Scott, D. & Jones, D. B. (2018). Immersive virtual reality-based training improves response in a simulated operating room fire scenario. Surgical endoscopy, 32, 3439-3449. DOI: 10.1007/s00464-018-6063-x

Vergara, D., Extremera, J., Rubio, M. P., & Dávila, L. P. (2019). Meaningful Learning Through Virtual Reality Learning Environments: A Case Study in Materials Engineering. Applied Sciences, 9(21), 4625.
https://doi.org/10.3390/app9214625

Verkuyl Karyn Taplay; Lynda Atack; Mélanie Boulet; Nicole Dubois; Sandra Goldsworthy; Theresa Merwin; Timothy Willett; & Treva Job, 2022 Virtual Simulation: An Educator's Toolkit

Viitaharju, P., Nieminen, M., Linnera, J., Yliniemi, K., & Karttunen, A. J. (2023). Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises. Education for Chemical Engineers, 44, 191-199.

Wiggins, G. (22012). Seven Keys to Effective Feedback. Educational Leadership, 70(1), 10–16.

Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. Contemporary educational psychology, 25(1), 82-91.

03



Experimentación con el aprendizaje en RV, la experiencia del Politécnico de Milán

Este capítulo presenta las conclusiones extraídas por **METID - Learning Innovation de la Universidad Politécnica de Milán**, sobre el desarrollo y la gestión de dos laboratorios de RV diseñados para impartir clases con apoyo tecnológico. El objetivo de compartir esta experiencia es ofrecer recomendaciones y directrices basadas en la práctica a los responsables de la toma de decisiones y a los docentes en diversos entornos de aprendizaje, apoyando la adopción de la RV teniendo en cuenta factores contextuales específicos. El capítulo describe los métodos de enseñanza, las modalidades de implementación, las observaciones clave y las herramientas desarrolladas empíricamente para facilitar esta transición.

3.1 Creación de laboratorios de RV

En 2020, el Politécnico de Milán (POLIMI) dedicó dos aulas a la experimentación educativa con RV. Esto comenzó con el proyecto piloto EYEducation, desarrollado en colaboración con AVEVA/Schneider Electric, que integró experiencias inmersivas de gemelos digitales en el Máster en Ingeniería Industrial. El proyecto utilizó dos paquetes de software: Dynsim, un simulador dinámico de procesos químicos, y Eyesim, que permite visualizaciones en 3D de plantas industriales (Galeazzi et al., 2024).

Tras el éxito del proyecto, se pasó de una única estación de trabajo de RV a un laboratorio completo con capacidad para varios estudiantes. Para ello fue necesario habilitar los espacios y funciones adecuados para gestionar el proyecto. De este modo, se habilitaron dos salas en dos campus diferentes del POLIMI, estableciendo un presupuesto para la construcción de los laboratorios. Para cada sala se consideró un total de 15 estaciones de trabajo, cada una de ellas asociada a un área adyacente, definida por líneas de cinta adhesiva en el suelo, útiles para establecer los «límites» de la experiencia de RV. Este área de unos 2 m x 2 m evita que los estudiantes se hagan daño y ayuda a distribuir a los usuarios de forma más precisa en el espacio de la sala (véase la ***fig. 3.1)***.



▲ Fig: 3.1: Distribución del laboratorio de RV, con estaciones de trabajo y límites en el suelo

3.1.1. Funciones implicadas

Es necesario identificar algunas funciones clave para gestionar las clases de RV, desde la reserva del espacio hasta el diseño de la actividad de aprendizaje en general, incluyendo las consideraciones técnicas y la preparación de la sala.

Grupo de trabajo METID
El grupo de trabajo METID es responsable de gestionar los laboratorios de RV, colaborar directamente con el profesorado en el diseño metodológico de las clases basadas en RV y supervisar la impartición de las clases según sea necesario. El METID investiga el potencial y las limitaciones de la tecnología de RV tanto a través de la investigación académica como de la experimentación práctica durante las clases de RV.

Soporte técnico
El equipo de asistencia técnica se encarga de preparar el aula para la impartición de las clases de RV y de proporcionar asistencia in situ para cada estación de trabajo individual del laboratorio. Se aseguran del correcto funcionamiento de los componentes de hardware y software.

Servicios TIC
Se consulta a un representante de los servicios TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) de la Universidad siempre que es necesario instalar un nuevo software, actualizar aplicaciones existentes, implementar procedimientos específicos para nuevos sistemas digitales o modificar o mejorar la conectividad a Internet del aula.

3.1.2. Consideraciones sobre los dispositivos

Desde el punto de vista del hardware, la estación de trabajo debe ofrecer un rendimiento medio-alto, con especial énfasis en el procesamiento gráfico, ya que este componente es crucial para renderizar entornos 3D complejos.

Además de una combinación bien equilibrada de CPU, RAM y capacidad de almacenamiento, la tarjeta gráfica debe estar optimizada para aplicaciones de juegos, ya que estas suelen exigir una gran potencia de cálculo, y ser totalmente compatible con las gafas de RV seleccionadas.

Estas son las especificaciones:

Procesador: Intel Core i7 de 10ª generación (8 núcleos, 16 MB de caché, frecuencia base de 2,9 GHz, hasta 4,8 GHz) DDR4-2933

RAM: 32 GB DDR4

Almacenamiento primario (SSD): unidad de estado sólido NVMe de 512 GB

Almacenamiento secundario (HDD): 2TB, 7,200 RPM, 6 Gb/s

Sistema operativo: Windows™ 10 Pro (64-bit)

Tarjeta de red: controlador Gigabit Ethernet 10/100/1000 con puerto RJ45, compatible con el protocolo PXE y el modo Wake-On-LAN

Tarjeta gráfica: Nvidia GeForce RTX 3070, 8 GB, 3 puertos DisplayPort, HDMI (certificada para la experiencia Oculus VR)

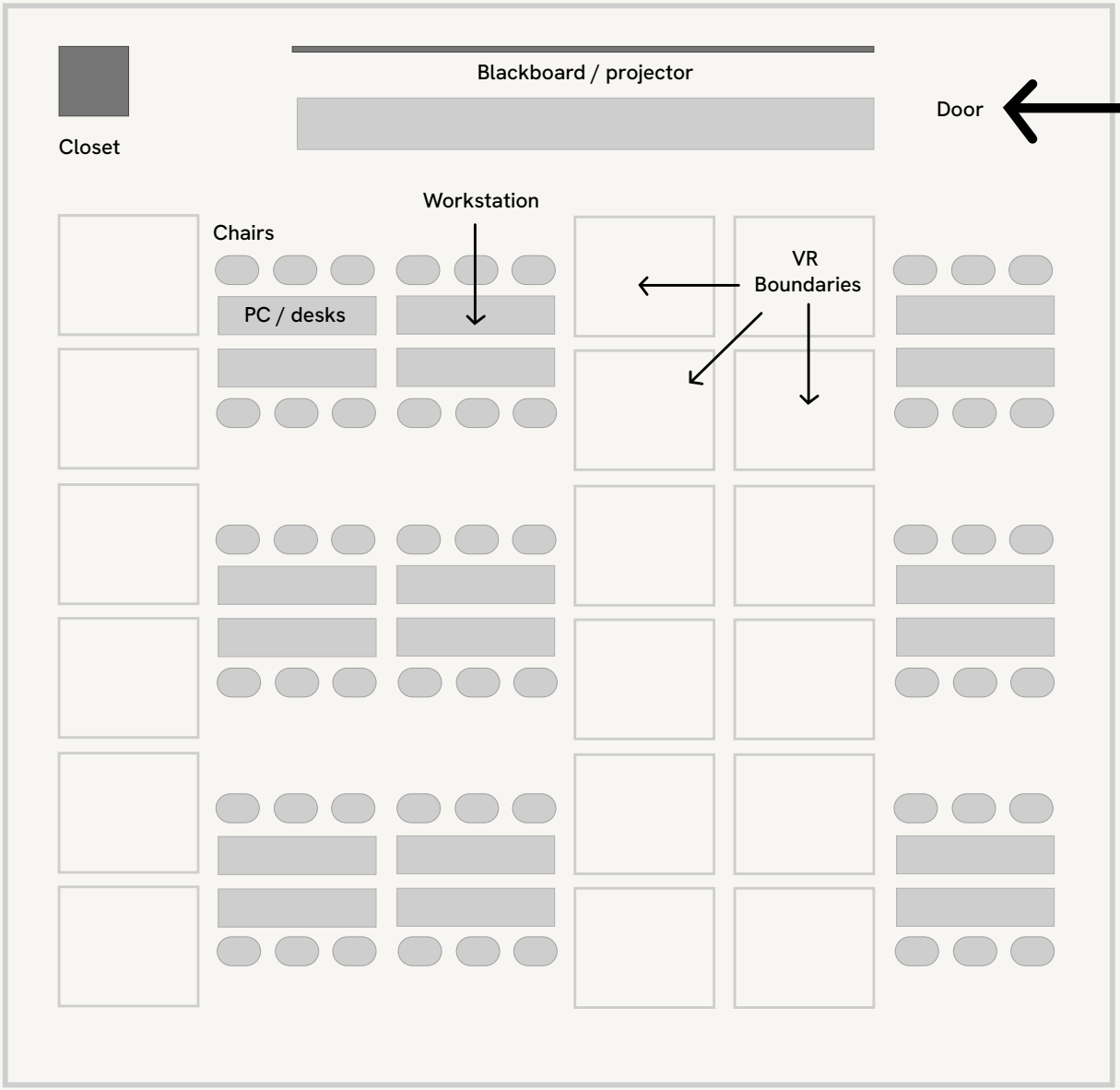
Monitor: pantalla Full HD (1080p) de 27 pulgadas, 1920 x 1080 a 60 Hz, panel IPS, relación de contraste 1000:1, tiempo de respuesta: 8 ms (normal), 5 ms (rápido), conexiones HDMI y DisplayPort.

Se eligió las gafas RV Meta Quest 2 (en ese momento llamado Oculus Quest 2) por su amplia disponibilidad y asequibilidad; más tarde, a partir de la observación empírica, se confirmó que seguía siendo una buena elección debido a su flexibilidad funcional al utilizar diferentes aplicaciones de RV, aunque Meta aún no haya desarrollado una modalidad educativa. Cabe señalar que las indicaciones y la información aquí proporcionadas siguen siendo válidas incluso después de la elección del POLIMI, para otras gamas más recientes de gafas RV, como las Quest Pro o las Quest 3.

Estos dispositivos se pueden conectar al ordenador a través de un puerto USB y un DisplayPort mediante un cable de cinco metros, el Quest Link, que resulta útil para reflejar las aplicaciones que se ejecutan en el ordenador en una perspectiva inmersiva a través de las gafas. Se prefiere la conexión mediante cable a la conexión Wi-Fi debido a su estabilidad y fluidez en la transmisión de contenidos desde un ordenador a las gafas y viceversa. Por otro lado, el uso de la conexión Air Link a través de Wi-Fi permitirá a los estudiantes y docentes disfrutar de una experiencia mejorada de libre movimiento, lo cual podría reducir los posibles daños físicos y de infraestructura. La elección entre los dos sistemas de conexión depende de la tipología de la aplicación, el dispositivo y el espacio involucrado. Por último, la navegación y la interacción con el contenido de RV se facilitan a través de los dos controladores manuales ***(Fig. 3.1.2.a).***



▲ Fig. 3.1.2.a: Estación de trabajo, compuesta por el ordenador de sobremesa, las gafas y los mandos.



▲ Fig. 3.1.2.b: Esquema de la distribución del laboratorio de RV de POLIMI.

Mapa de riesgos y contingencias

RIESGOS TÉCNICOS Actualizaciones de las gafas RV, conflictos de Wi-Fi, emparejamiento de mandos, gestión de la batería	**MITIGACIÓN** Imagen congelada de la escena en el proyector; Visor web de respaldo; baterías de repuesto; ventana de actualización previa a la clase
RIESGOS PARA LA SALUD Y LA SEGURIDAD Síntomas inducidos por la RV (por ej. desorientación, mareos, etc.), colisiones en habitaciones pequeñas	**MITIGACIÓN** Preferir la opción de modo sentado, marcar claramentemarcas en el área de juego, sesiones con límite de tiempo, asegúrese de que haya un protocolo de «parada» seguro
RIESGOS LEGALES/DE PRIVACIDAD Fuentes de datos (registros gafas RV, voz/chat), base legal, retención	**MITIGACIÓN** Plantilla de Evaluación de Impacto en la Protección de Datos (Data Protection Impact Assessment, DPIA), lenguaje de consentimiento, recopilación mínima de datos, calendario de retención
RIESGOS ORGANIZATIVOS Carga de trabajo del personal, conflictos de reservas	**MITIGACIÓN** Intervención de facilitadores, aplicación de reservas y panel de control del inventario de equipos

3.2 Clases mejoradas con RV en POLIMI

Desde la puesta en marcha de los Laboratorios de RV en 2021, las salas han sido reservadas y utilizadas regularmente por profesores de diversos departamentos ***(Fig. 3.2a - 3.2b)***
Con el tiempo, se ha impartido una amplia gama de cursos, y algunos profesores han ofrecido varios cursos dentro de la misma área disciplinaria. La mayoría de los departamentos participantes pertenecen a los campos de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM).

Desde el primer semestre (septiembre-enero) del curso académico 2022/23 hasta el primer semestre (septiembre-enero) del curso académico 2024/2025, un total de 2059 estudiantes han participado en 152 lecciones. Han participado diferentes departamentos, entre ellos los de Automatización, Química, Energía e Ingeniería Mecánica, el Departamento de Electrónica, Información y Bioingeniería, Ingeniería Civil y Medioambiental, el Departamento de Ciencias Aeroespaciales, Diseño, Arquitectura, Ingeniería de la Construcción y Entorno Construido.

En particular, los profesores del Departamento de Química han sido muy activos en el uso de estos espacios, realizando numerosos ejercicios prácticos. Sus sesiones incluyen aplicaciones que simulan la presencia en plantas o laboratorios virtuales (Simsci para plantas químicas o una aplicación diseñada por ellos mismos para la prueba de un laboratorio virtual de radioquímica), en las que los estudiantes acceden a entornos inmersivos a través de gafas RV y participan en actividades prácticas.

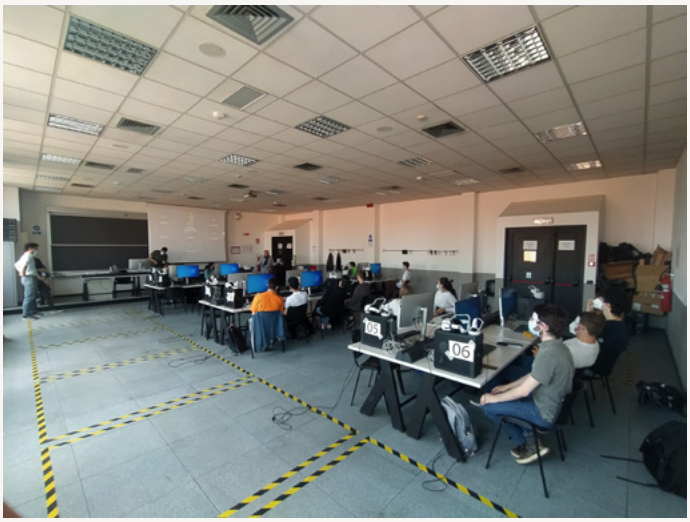


Fig. 3.2a: Laboratorio de RV 2.2.5 en el Campus Leonardo (POLIMI).



Fig. 3.2b: Laboratorio de RV L.0.4 en el Campus Bovisa La Masa (POLIMI).

3.3 Herramientas de seguimiento y evaluación

Durante la impartición de las clases de RV en estos años, el equipo del grupo de trabajo METID ha desarrollado varias herramientas para supervisar el desarrollo del proyecto y garantizar la buena calidad de la metodología educativa.
Al impartir este tipo de clases, es esencial recopilar los comentarios de los alumnos y las notas de las fases de preparación y progreso. Estos datos pueden ayudar a la institución y a los docentes a mejorar la calidad de las clases de RV impartidas. También son fundamentales para desarrollar otras herramientas de seguimiento, diseñadas específicamente para cada situación educativa según sea necesario (como informes adicionales, tablas, gráficos, etc.). Resulta de interés la consulta de los informes y las herramientas de seguimiento elaborados, para de este modo obtener una visión general del progreso del semestre o del año en lo que respecta a las clases de RV.

3.3.1 Recopilación de datos a través de formularios presenciales

En esta sección se presentan detalles sobre los formularios presenciales de POLIMI para ayudar a otras instituciones a crear sus propias tablas para que las rellenen los docentes.
El objetivo del formulario es registrar notas sobre los aspectos cualitativos y cuantitativos de lecciones específicas, incluyendo el número de estudiantes involucrados y el enfoque de las actividades educativas. A continuación se ofrece una visión general de lo que se puede ver en la ***figura 3.3.1.***

En la primera sección se recopila la siguiente información: el título del curso, el nombre o nombres de los profesores que participan en la sesión y el departamento o departamentos a los que pertenecen tanto el personal docente como el curso. También se registran los objetivos de aprendizaje de la sesión. Se documentan las horas de inicio y finalización de la sesión, la fecha de impartición y las fechas de las sesiones posteriores (o la frecuencia de uso). Se anota el nombre del miembro del equipo METID responsable de registrar la información.

Se recopilan datos sobre el número de profesores presentes durante la sesión, el número de tutores, los participantes externos, la presencia de personal técnico y cualquier personal de apoyo adicional de METID. Se registra la asistencia de los estudiantes, junto con la disposición de los asientos, ya sea en grupos o individualmente.

En una sección posterior se recopila información sobre la aplicación utilizada durante la sesión: su nombre, el tipo de equipo necesario para su funcionamiento y una breve descripción del software y sus funciones. También se indica el idioma en el que se imparte la formación. El documento continúa con descripciones de las distintas etapas de la sesión, incluidas las actividades preparatorias antes de entrar en el aula, la fase preliminar, la sesión principal y las actividades posteriores a la sesión. También detalla el proceso de preparación del aula, incluyendo quién fue el responsable y cómo se llevó a cabo la preparación.
La sección final incluye notas especiales, el número de participantes afectados por el mareo por RV (si lo hubiera) y espacios específicos para insertar enlaces a Google Photos, el cuestionario de opinión y, finalmente, al informe final.

CLASE	
	PROTOTIPO VIRTUAL
DOCENTES	NOMBRES DE LOS PROFESORES
DEPARTAMENTO	INGENIERÍA MECÁNICA (MÁSTER)
FECHA DE LA CLASE	20/10/25
HORA DE LA CLASE	9:15 - 15:15
AUTOR DEL INFORME	NOMBRE DEL AUTOR
NÚMERO DE DOCENTES	EL PROFESOR PARTICIPÓ EN LA PARTE MÁS EXPERIENCIAL DE LA LECCIÓN
NÚMERO DE PARTICIPANTES EXTERNOS	1
TÉCNICOS	NOMBRES DE LOS TÉCNICOS
METODOLOGÍA APOYO	NOMBRE
N.º DE ALUMNOS	29+1 A DISTANCIA
N.º DE ESTACIONES DE TRABAJO UTILIZADAS	15

DIVISIÓN DE ALUMNOS	13 PAREJAS, 1 TRÍO, 1 INDIVIDUAL
SOFTWARE UTILIZADO	UNITY Y UNREAL ENGINE
EQUIPO NECESARIO	ORDENADOR PORTÁTIL PERSONAL DEL ALUMNO, OCULUS Y MANDOS, CABLE DE CONEXIÓN OCULUS, GOOGLE CARDBOARD (SOLO EL PROFESOR DISPONÍA DE ÉL), SMARTPHONE PERSONAL DEL ESTUDIANTE, MEMORIA USB
DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	EN UNITY, SE CREA UNA ESCENA 3D A PARTIR DE UN MODELO Y AÑADIENDO LUCES, CÁMARAS Y OBJETOS. CON UNREAL ENGINE, EL PROYECTO SE TRANSFORMA EN UNA APLICACIÓN QUE SE PUEDE EJECUTAR A TRAVÉS DE UN SMARTPHONE O DE GAFAS RV.
IDIOMA	INGLÉS
RESULTADO DEL LABORATORIO	LOS ALUMNOS DEBEN COMPLETAR UNA SERIE DE ENTORNOS DESARROLLADOS EN UNITY O UNREAL Y REALIZAR A LGUNAS PRUEBAS UTILIZANDO A SUS COMPAÑEROS COMO SUJETOS DEL EXPERIMENTO.

▲ Fig. 3.3.1: Captura de ejemplo con la primera parte del formulario presencial (formulario Google)

3.3.2 Cuestionarios posteriores a la lección

Al finalizar la lección basada en la RV, los profesores suministran un cuestionario en línea a los estudiantes. Su objetivo es recopilar comentarios generales sobre el uso de la tecnología de RV, así como datos relacionados con la lección en sí y las percepciones de los estudiantes sobre el metodo de enseñanza innovador. Por lo general, el equipo de METID prepara el cuestionario utilizando Microsoft Forms y, posteriormente, se proporciona a los instructores del curso en un formato personalizable ***(Fig. 3.3.2).***

La sección inicial incluye preguntas generales sobre la experiencia previa de los alumnos con las tecnologías de RV. Estas preguntas son opcionales y tienen como objetivo evaluar la difusión y la familiaridad de los dispositivos de RV entre la población estudiantil.

A continuación, el cuestionario aborda las experiencias de los estudiantes durante la lección específica de RV, centrándose en las dificultades encontradas. Estas preguntas se basan en la experiencia previa y las observaciones del equipo METID, recopiladas a lo largo del tiempo a partir de diversas implementaciones de lecciones de RV.

En las secciones siguientes se pide a los estudiantes que califiquen, en una escala del 1 al 5, su nivel de satisfacción con diversos elementos novedosos, introducidos en la dinámica de la lección, como por ejemplo el enfoque didáctico, la tecnología y el contenido. Los elementos específicos evaluados varían en función de la naturaleza de la lección y la modalidad de RV utilizada. Otra cuestión se refiere a si la actividad se llevó a cabo de forma individual o en grupo. Si se trabajó en grupo, sigue con una pregunta en la que se pide a los alumnos que indiquen, en una escala del 1 («nada») al 5 («mucho»), la utilidad percibida de la colaboración con los compañeros durante la actividad.

El cuestionario continúa con una pregunta abierta a los estudiantes sobre los aspectos que más apreciaron. Otra pregunta abierta invita a los encuestados a ofrecer sugerencias al profesor para mejorar la sesión.

La última pregunta es si al estudiante le gustaría que se aplicaran sistemas similares basados en la RV en otras asignaturas. Si la respuesta es negativa, se pide al estudiante que explique el motivo.
Las preguntas y secciones descritas anteriormente están diseñadas para abordar de manera general las diversas dimensiones de la experiencia de los estudiantes en las lecciones basadas en la RV.

El cuestionario está diseñado para que los profesores puedan adaptarlo, lo que les permite ajustarlo al contexto específico y a los objetivos pedagógicos de cada lección de RV, garantizando así la recopilación de los comentarios más relevantes.

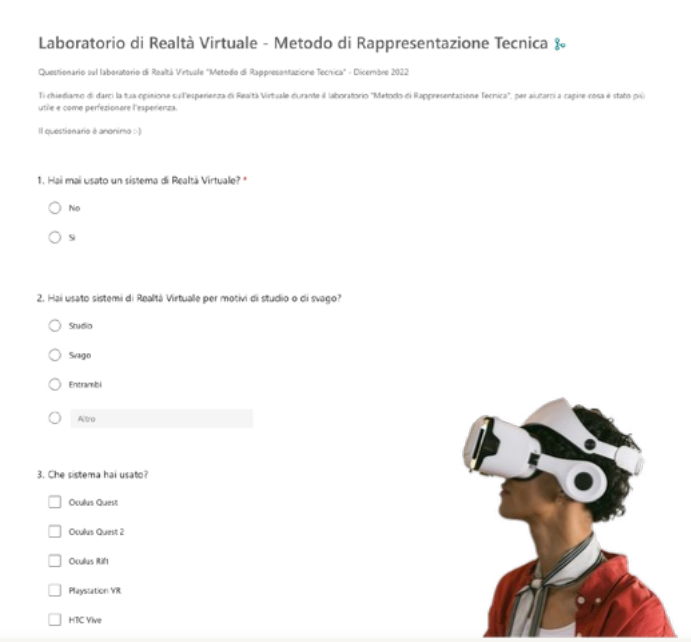


Fig. 3.3.2: Captura de pantalla de la primera parte del cuestionario (formulario Google)

https://forms.office.com/Pages/DesignPageV2.aspx?subpage=design&token=efcd7753489c45269e937158a1c1b2bc&id=K3EXCvNtXUKAjjCd8ope6zcfDdiDZHJArUaH6fMUZOhUNjlFSlUy-SVQ0REtMVU5OUFUyUU Z QTFZBSy4u

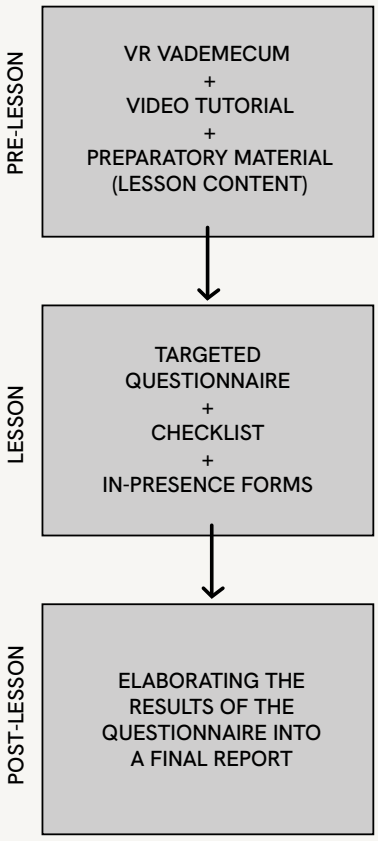
3.3.3 Informe final

Una vez recopiladas las respuestas al cuestionario, se analizan y se recopilan en un documento elaborado por el equipo del METID, denominado «Informe de la lección de RV». Este informe incluye el título del curso, los nombres de los instructores participantes y una descripción general del curso. A continuación, los datos obtenidos de los cuestionarios se presentan en forma de representaciones gráficas, acompañadas de anotaciones y observaciones tanto del instructor como del personal de METID. El objetivo principal del informe es catalogar y presentar los datos recopilados de una manera



Fig. 3.3.3: Captura de pantalla de una parte de la herramienta Informe final (italiano, Google Doc)

visualmente coherente y con un formato profesional. A continuación, el informe final se comparte con los docentes que participaron en la impartición del curso ***(Fig. 3.3.3)***
El siguiente capítulo se centrará en las directrices para docentes y estudiantes extrapoladas de a experiencia empírica adquirida por el grupo de trabajo del METID durante el desarrollo de los laboratorios de RV.



◀ Fig. 3.3.4: Flujo de trabajo ideal para utilizar y supervisar los materiales de apoyo.

3.4 Bibliografía

Baldoni, V., Brambilla, F., Bruschi, F., Casiraghi, D., Denni, M., Marenghi, P., Longa, L., Pampanin, M., Pandocchi, S., Sancassani, S., & Santolini, B. (2024). Due anni di laboratori VR. Politecnico di Milano – METID Learning Innovation.
https://www.metid.polimi.it/pubblicazioni/

Galeazzi, A., Marenghi, P., Duò, L., Galardo, M., Rota, R., Sancassani, S., & Manenti, F. (2024). Virtual reality and digital twins for enhanced learning in chemical engineering. In Computer-aided chemical engineering/Computer aided chemical engineering (pp. 3535–3540).
https://doi.org/10.1016/b978-0-443-28824-1.50590-1

04



Materiales de formación para clases de RV

Este capítulo recoge las directrices extraídas de la experiencia empírica de **METID - learning Innovation de la Universidad Politécnica de Milán**, desde el inicio del desarrollo de los laboratorios de RV. Para aclarar sus funciones, el grupo METID trabaja en el ámbito universitario como coordinador de la producción y gestión de metodologías y herramientas innovadoras de aprendizaje y enseñanza. A partir de la observación de las actividades de los laboratorios de RV, se han establecido varias directrices tanto para los docentes como para los estudiantes. Se han observado diferentes enfoques, objetivos educativos y metodologías de aprendizaje, que se han fusionado en sugerencias para ir implementando secuencialmente.

4.1 Directrices para los docentes

La implementación de la RV en la educación superior requiere de una planificación cuidadosa y cierta competencia pedagógica. Las siguientes directrices, derivadas de la experiencia empírica desarrollada por METID, proporcionan un enfoque estructurado y completo para diseñar y llevar a cabo lecciones basadas en la RV, con el objetivo de fomentar la participación de los estudiantes y el aprendizaje eficaz.

Cabe destacar el papel que METID - Learning Innovation desempeña dentro de la Universidad POLIMI como diseñador instruccional, apoyando a los docentes y orientando a otros colegas en la estructuración de las actividades. En lo que respecta a los laboratorios de RV ya mencionados en capítulos anteriores, como se ha subrayado, METID actúa como facilitador entre los docentes, los estudiantes y los técnicos, proporcionando orientación instruccional, metodológica y apoyo en general.

Las directrices proporcionadas a los docentes se dividen en ocho pasos secuenciales:

1. Identificar contenidos adecuados para la RV

Los docentes deben comenzar por comprender las posibilidades de la tecnología de RV y evaluar el programa de su curso para identificar los temas que se beneficiarían del aprendizaje inmersivo. Es esencial coordinarse con la estructura de cada Universidad responsable de los aspectos técnicos y metodológicos. Esto ayudará a optimizar el tiempo y el esfuerzo en la adecuación del diseño de la clase, su estructura, incluyendo el software y el hardware necesarios, y los objetivos educativos de los docentes.

2. Seleccionar o desarrollar una aplicación/plataforma de RV

A continuación, los docentes deben identificar las plataformas de RV existentes que se ajusten a los objetivos de aprendizaje que desean que alcancen los estudiantes. Aquí hablamos de posibles plataformas virtuales en línea que sean adecuadas como ofertas estándar proporcionadas por agencias externas, o de aplicaciones que pueden ejecutarse en el ordenador o en las propias gafas. Por lo general, es preferible que la aplicación o la plataforma se ejecuten en el ordenador, debido a la alta potencia gráfica de los componentes internos. En las gafas RV, esta composición requerirá que estas se conecten al ordenador mediante el cable Link o Air Link, lo que permitirá que las gafas sirvan como un espejo de lo que se puede ver en el monitor.

Por otro lado, a pesar de ser más limitadas en cuanto a gráficos, las aplicaciones de RV que se ejecutan directamente en las gafas RV pueden proporcionar experiencias inmersivas excepcionales a través de otros elementos (diversión, calidad del contenido, interacción, etc.). Además, también existe la ventaja de que estas aplicaciones son más prácticas de usar en el aula, debido a la libertad de movimiento de los alumnos.

Existen diferentes tipologías de aplicaciones, que van desde las de fitness hasta las de STEM. Dependiendo de los objetivos educativos de la clase, se debe elegir la más adecuada, teniendo en cuenta también la licencia y el precio. Si no existe ninguna aplicación adecuada, los instructores pueden consultar con desarrolladores internos o externos para crear una optimizada para las gafas RV específicas que se utilizan.

3. Prueba de la aplicación

Antes de su implementación, la aplicación de RV debe someterse a pruebas exhaustivas para comprobar su usabilidad y fiabilidad técnica. Los docentes deben conocer el flujo de usuarios que hará uso de la aplicación para compartirla con los alumnos y facilitar la lección. Además, los docentes también deben conocer los puntos débiles de la aplicación y las soluciones relacionadas con los posibles problemas que puedan generarse.

4. Estructuración de la lección

La lección debe lograr un equilibrio entre los elementos teóricos y prácticos, integrando la RV de manera significativa. Se debe informar a los alumnos con antelación sobre el formato de la sesión, los protocolos de uso de la RV y las características específicas de la aplicación. Se observan mayores niveles de seguridad en la realización de tareas, desde el punto de vista de los alumnos, cuando estos conocen previamente esta información.

5. Organización del laboratorio de RV

Los instructores deben coordinarse con los responsables técnicos y de planificación de su centro/universidad para garantizar la disponibilidad del equipo, organizar la rotación de los estudiantes en pequeños grupos según sea necesario y proporcionar apoyo in situ para resolver cualquier inconveniente técnico o físico. Días (o incluso semanas) antes de la sesión RV, conviene discutir con los responsables técnicos de la sesión el contenido de la misma y la idea de la disposición general. La coordinación entre estas diversas funciones debe garantizar un buen punto de partida para la sesión RV.

6. Preparación de los estudiantes

Por lo general, es una buena práctica compartir previamente con los estudiantes, el material preparado y diseñado para gestionar el laboratorio de RV. En la universidad POLIMI, METID ha elaborado un documento PDF (VR Vademecum) y un vídeo tutorial (véanse los párrafos siguientes) que se pueden compartir con los estudiantes semanas antes de la clase. Además, como ya se ha dicho, se debe informar a los estudiantes sobre la aplicación específica que se utilizará y los comportamientos esperados en el entorno de RV.

Los docentes también deben abordar las cuestiones relacionadas con el fenómeno del malestar o mareo por movimiento, que puede impedir que algunos estudiantes participen en las experiencias. Estos estudiantes pueden sentirse excluidos, por lo que lo ideal sería que se les ofreciera una aplicación alternativa que no sea de RV. El mareo por movimiento puede producirse en diferentes grados, lo que impide a los estudiantes disfrutar de la clase. Lo que se necesita es advertir a los alumnos de esta posibilidad y pedirles que informen a sus docentes si se produce alguna molestia. Para evitar que se sientan avergonzados, es esencial reconocer lo normal que es experimentar mareos. Por lo general, las reglas de oro para prevenir el fenómeno son mantener las ventanas abiertas durante la sesión de RV para mejorar la circulación del aire y reservar un espacio con sillas y agua para cualquier alumno que lo necesite.

7. Impartición de la clase

Antes de la sesión, con la ayuda de los técnicos, hay que asegurarse que la sala RV está preparada, comprobando que el equipo funciona correctamente y que el personal de apoyo está presente.

Dependiendo del flujo de reservas de la Universidad, puede ser necesario solicitar ayuda unos días antes de la clase.
Antes de la clase, los docentes deben inspeccionar el aula, ajustando la distribución para crear un espacio libre de obstáculos y peligros, garantizando así una experiencia de RV lo más fluida posible. Se establecen canales de comunicación claros (por ejemplo, señales manuales, indicaciones verbales) para que los estudiantes puedan indicar que necesitan ayuda. Hay que priorizar el bienestar de los estudiantes, de este modo, si un estudiante se quita las gafas RV debido a molestias, hay que evaluar su estado y prestarle ayuda.

Durante la clase, hay que comunicar claramente los objetivos, ofreciendo apoyo técnico y emocional, y proporcionando una ratio adecuada de docentes y alumnos. Es una medida inteligente preguntar a los alumnos quien ha utilizado un sistema similar con anterioridad y, tal vez, emparejarlos con los neófitos para equilibrar las capacidades de la clase. Los docentes deben actuar como supervisores del grupo de alumnos en su conjunto, prestando atención a sus respuestas físicas y emocionales.

8. Recopilación de comentarios

Después de la sesión, hay que recopilar los comentarios de los alumnos para evaluar la experiencia de aprendizaje, identificar áreas de mejora e informar sobre futuras iniciativas de RV. Disponer de una lista de participantes puede facilitar la comunicación y las encuestas de seguimiento.



◀ Fig. 4.1.1: Lecciones impartidas en los laboratorios de RV (POLIMI).

Comparación de diferentes configuraciones de experiencias de RV

	DIRECTAMENTE EN GAFAS RV	*CONECTADO AL PC*
PARTICIPACIÓN DE LOS ALUMNOS	Depende de la aplicación o plataforma utilizada: si esta permite una experiencia colaborativa entre varios usuarios, las gafas RV se utilizarán individualmente como dispositivo, pero la experiencia se compartirá o activará en colaboración entre varios estudiantes.	El reflejo del escenario de RV en el escritorio del PC permite que otros estudiantes participen (con diferentes grados de implicación), ayudando e informando a sus compañeros. Algunas aplicaciones y plataformas de RV pueden controlarse desde un ordenador, y las gafas RV solo funcionan como un ojo en el entorno 3D.
SEGUIMIENTO FÍSICO	Cuando se llevan puestas las gafas RV, no es posible el seguimiento de los ojos de los estudiantes, ni de lo que perciben durante el flujo de la experiencia. Reflejar la experiencia en el monitor del PC es una regla de oro. Aparte de la vista, se puede observar y supervisar el movimiento corporal.	La experiencia que ofrece el ordenador permite supervisar fácilmente el movimiento de los ojos y lo que los alumnos ven en el entorno. El movimiento corporal es difícil de supervisar.
INTEGRACIÓN CON SGA	Tanto las gafas RV como las modalidades conectadas al PC podrían permitir la integración de software y programas SGA, dependiendo de las licencias y los programas complementarios.	Tanto las gafas RV como las modalidades conectadas al PC podrían permitir la integración de software y programas SGA, dependiendo de las licencias y los programas complementarios.
ORGANIZACIÓN	Cuando se utilizan gafas RV, es conveniente contar con un experto dentro del equipo que organice y gestione la actividad, tanto en la fase previa como durante y después de la misma. Las gafas RV pueden presentar problemas relacionados con el hardware y el software, y estos problemas no siempre se pueden prever.	Ofrecer la experiencia de RV a través de un PC puede suponer menos problemas relacionados con el uso del dispositivo: los técnicos suelen tener más experiencia con ellos y puede ser más fácil encontrar una persona que desempeñe una función de apoyo en las fases previa, durante y posterior que con las gafas RV. Las gafas RV solo se utilizan como espejo.

INFRAESTRUCTURAS, DISPOSITIVOS, HERRAMIENTAS	Dependiendo del sistema de conectividad elegido, las gafas RV pueden requerir un cable de conexión para conectarse al PC. Necesitan baterías para los controladores, y puede ser útil disponer de una herramienta de limpieza al final de la lección. Se necesitan bases de carga o cables de alimentación para cargar las gafas RV. Estos dispositivos deben utilizarse en una zona segura, que delimita un área específica para las gafas RV denominada «límites» (que pueden crearse con cinta adhesiva en el suelo u otros métodos). Por lo general, deben estar respaldados por una estación de trabajo que incluya un PC con un monitor, un ratón y un teclado.	La infraestructura, en ambas situaciones, es la misma: las estaciones de trabajo de PC están asociadas a un área específica en la que se utilizarán las gafas RV. También necesitarán un monitor, un teclado, un ratón, etc.
ACCESIBILIDAD CARACTERÍSTICAS	Al utilizar las gafas RV, los estudiantes, dependiendo de la experiencia programada, pueden tener más libertad de movimiento e interacción, siempre teniendo en cuenta un área segura para realizarla. Esta libertad permite organizar la experiencia en diferentes espacios y salas. Las gafas RV también se pueden utilizar de forma estática.	La conexión al ordenador no permite al estudiante tener algunos grados de movimiento. El uso de las funciones del software y el hardware del ordenador permite ejecutar aplicaciones y programas más pesados a mayor velocidad. Por lo general, también permite que participen más estudiantes gracias al reflejo directo en el monitor.

4.2 Directrices para los estudiantes

El itinerario educativo que implica la RV requiere un enfoque consciente y proactivo por parte de los alumnos, tanto en lo que se refiere a métodos innovadores de participación en clase como a evitar el riesgo de reducir la experiencia a mero entretenimiento, perdiendo así de vista los RAE.

De hecho, los alumnos deben estar preparados para lo que se encontrarán en clase, tanto desde el punto de vista tecnológico como metodológico. Es posible que no todos hayan experimentado nunca una instalación o aplicación de RV, lo que puede provocar confusión y dificultades para superar los aspectos emocionales y lúdicos, en favor de un enfoque mental racional y orientado al aprendizaje.

Vademécum de RV

Por este motivo, METID ha elaborado un documento PDF titulado «Vademécum de RV», con el fin de ofrecer una comprensión clara de las herramientas disponibles y mejorar la familiaridad de los estudiantes con el funcionamiento de los laboratorios de RV. ***(Fig. 4.2a).***
Con ello, se pretende fomentar una experiencia de aprendizaje más gratificante y productiva.

El Vademécum debe ser compartido por los docentes con los estudiantes antes de la sesión RV; los profesores deben pedir a los estudiantes que lo lean para prepararse mejor para la experiencia de aprendizaje.
Contenido principal del documento:

- **¿Qué son los laboratorios de RV a los que van a acceder?**
- **¿Cuáles son las herramientas que van a utilizar?**
- **¿Cómo ponerse y utilizar en general las gafas RV y los mandos?**
- **Fenómeno del mareo por RV y cómo gestionarlo.**



◄ Fig. 4.1.2: Portada del Vademécum de RV para los estudiantes

Vídeo tutorial

Además, los principales pasos prácticos necesarios antes de entrar en los laboratorios RV (como las normas de los laboratorios, las descripciones de los espacios y las herramientas) se presentan en un vídeo para facilitar una introducción fluida al entorno de aprendizaje de RV.
El vídeo también debe compartirse con los estudiantes antes de la clase o proyectarse en el aula antes del comienzo de la misma.
Dentro del vídeo:

- **Una primera introducción a los Laboratorios y la petición de seguir las instrucciones de los docentes durante el desarrollo de la lección.**



- **La composición de la estación de trabajo, desde los ordenadores de sobremesa hasta las gafas RV y otras herramientas involucradas.**



- **El área de trabajo correspondiente a los límites de las gafas RV, donde se mostrará de forma segura el contenido de RV. Como se ve en la captura de pantalla, en los laboratorios estas áreas están delimitadas con cinta adhesiva en el suelo.**



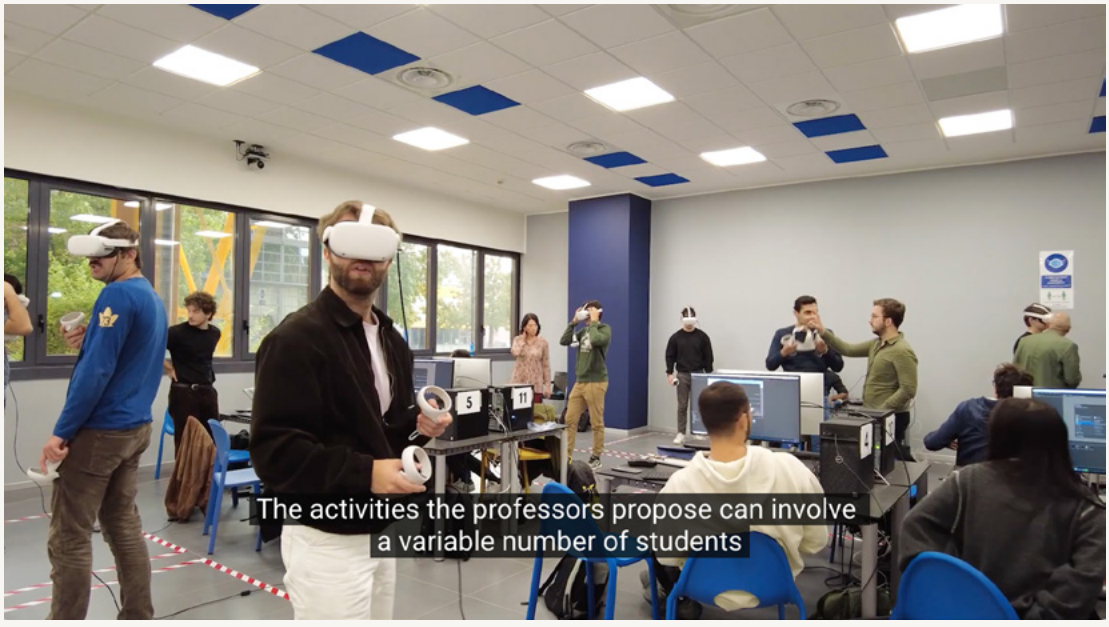
- **Las diferentes partes y controles delas gafas RV, y el funcionamiento general de los mandos.**



- **Cómo llevar las gafas RV de forma segura.**



- **La necesidad de un entorno colaborativo cuando la clase cuenta con más alumnos que estaciones de trabajo: un alumno experimentará el contenido de RV, mientras que los demás le ayudarán con las herramientas y el funcionamiento del ordenador**



- **Algunas explicaciones sobre el mareo por RV y cómo gestionarlo si se produce.**



4.3 Materiales compartidos

Para garantizar una gestión fluida entre los participantes, con diferentes funciones en la organización de las clases de RV, se sugiere considerar la posibilidad de compartir algunos de los materiales explicados anteriormente.
Con la ayuda de los materiales compartidos entre todas las partes interesadas, se comprenderá mejor la situación actual de las aulas destinadas a la enseñanza basada en la RV. Este intercambio de información abarca no solo el estado operativo y el mantenimiento de los dispositivos utilizados, sino también las diversas aplicaciones y servicios empleados en sesiones de RV anteriores.

Además, incluye un análisis de los métodos pedagógicos adoptados por los docentes durante las sesiones de RV.
Por ejemplo, en POLIMI, se suelen compartir formularios presenciales a través de la plataforma Slite, que utiliza habitualmente el grupo de trabajo METID. Se crean páginas específicas dentro de la plataforma según el tipo de material que se va a compartir y se concede acceso a las partes interesadas (técnicos, docentes, servicios informáticos).

Entre los materiales compartidos se encuentran también los informes individuales de las clases, extraídos del formulario presencial —básicamente un documento de Google Docs—, que ofrecen un

relato detallado de cada sesión de RV.

Además, se comparten hojas de mantenimiento técnico relativas a los dispositivos de RV. Se compila un documento con las actualizaciones o modificaciones relacionadas con los dispositivos, junto con una descripción de las actividades de mantenimiento que se han llevado a cabo. Lo ideal es que dicho mantenimiento se realice mensualmente, dada la posibilidad de que surjan problemas técnicos debido al desgaste o al agotamiento de las baterías, así como a las frecuentes actualizaciones de las gafas RV y las aplicaciones.

La lista de verificación recomendada para las actividades de mantenimiento incluye los siguientes pasos:

Verificación de la presencia de todos los equipos en cada estación.

Funcionalidad y presencia de la aplicación en la estación de PC.

Comprobación de la precisión de los ajustes de los límites de los auriculares.

Comprobación de que se ha iniciado sesión con la cuenta de usuario correcta.

Verificación de la conexión a Internet de los auriculares.

Prueba de al menos una aplicación, con indicación de cualquier problema detectado; si se necesita una aplicación específica durante el periodo de mantenimiento con fines didácticos o experimentales, debería descargarse.

Prueba del audio y de la respuesta táctil.

Verificación del entorno virtual.

Actualización del software a la última versión, completar las actualizaciones necesarias (incluida la comprobación a través del navegador) y reiniciar el sistema para garantizar su pleno funcionamiento.

Comprobación del estado de carga de las baterías de gafas RV y los mandos, y adopción de las medidas necesarias.

Además de las hojas de mantenimiento y los informes de lecciones de RV, se mantiene una página ***Slite*** que incluye la información de contacto (directa o indirecta, según la disponibilidad) de las distintas partes interesadas, por si es necesario ponerse en contacto con personas concretas, así como las contraseñas necesarias.



Kit de inicio

Aquí se puede encontrar el enlace a una lista de plantillas reutilizables:

Matriz de decisión «¿Deberíamos utilizar la RV aquí?».

FAC SIMILE_Formulario de presencia: la plantilla para el formulario de presencia de Google Sheet que se utiliza en POLIMI para supervisar el número de estudiantes, docentes, software utilizado, modalidades, desarrollo de la lección, etc.

FAC SIMILE_Resumen de la lección de RV: este archivo de Google Sheet es útil para recopilar todos los datos de las diferentes lecciones impartidas en los laboratorios de RV y reunirlos en un único archivo para obtener una visión general de los laboratorios a lo largo del tiempo.

Vademécum para estudiantes: el archivo PDF del Vademécum mencionado anteriormente, desarrollado para los estudiantes, con el fin de proporcionarles información y conocimientos previos sobre la tecnología y los laboratorios: esto podría servir de inspiración para el desarrollo de un Vademécum específico para cada Universidad o Centro concreto.

Plantilla de bocetos de RV: útil en la fase de diseño de RV, para interactuar con un experto en RV, definir la posición espacial, la secuencia, el movimiento y la interacción al visualizar objetos en RV y narrar las acciones de los usuarios.

Plantilla del programa del curso de RV: un ejemplo de programa de curso en el que se integra una actividad de RV.

Lista de verificación para la implementación de lecciones de RV: para recordar todos los pasos del proceso de diseño e implementación.

Lista de verificación previa y posterior a la lección de RV: para recordar todas las actividades y acciones que es importante implementar para llevar a cabo una sesión de RV eficaz.

Plantilla de rúbrica: para evaluar los tres ámbitos de conocimiento.

Cuestionario sobre el malestar por simulación (SSQ): para evaluar la experiencia de RV en términos de bienestar.

Escala de usabilidad del sistema (SUS): para evaluar la usabilidad de la RV.

Cuestionario de neurociencia de la RV (VRNQ): para evaluar cuatro áreas clave diferentes de la experiencia de RV.

Cuadrícula de reflexión: hoja de trabajo del estudiante para reflexionar activamente sobre la experiencia.













Guía V.5 - Enero 2026

Licencia

© 2025 Consorcio VRChem. Esta obra está licenciada bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Atribución: «VRChem Consortium (2025), Guía práctica de la RV, CC BY 4.0».



