



areola

Informe comparativo de los métodos de realidad extendida (RE) y formación práctica



Financiado por la Unión Europea. Los puntos de vista y opiniones expresados son exclusivamente los del autor o autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la Agencia Ejecutiva en el Ámbito Educativo y Cultural Europeo (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser consideradas responsables de las mismas.



areola

| Revisión | Fecha | Autor/Organización | Descripción |
|-----------------|------------|--------------------|-------------|
| 1 st | 20.12.2023 | FA | Autor |
| 2 nd | 26.02.2024 | Todos | |
| 3 rd | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Prólogo..... | 3 |
| 2. Método práctico (tradicional) para el aprendizaje práctico | 4 |
| 3. Uso de la realidad extendida en la formación y la educación | 5 |
| 3.1 Uso del RE en la formación sobre fabricación aditiva..... | 6 |
| 3.1.1 Ventajas del uso de herramientas RE en la formación sobre fabricación aditiva | 7 |
| 3.1.2 Las limitaciones del uso de herramientas RE en la formación sobre fabricación aditiva | 8 |
| 4. Método | 9 |
| 4.1 Casos prácticos..... | 9 |
| 4.2 Diseño del curso piloto | 12 |
| 4.3 Instrumentos..... | 14 |
| 4.4 Participantes | 15 |
| 4.5 Análisis de datos | 16 |
| 5. Hallazgos | 16 |
| 5.1 Puntuación de éxito entre métodos prácticos y RE | 16 |
| 5.2 Diferencias de puntuación entre el método práctico y el método RE..... | 17 |
| 5.3 Puntuación RE y rangos de edad..... | 18 |
| 5.4 Diferencias entre la puntuación obtenida con la RE y el uso previo de la RE..... | 18 |
| 5.5 Opiniones de los participantes sobre los métodos de formación utilizados..... | 19 |
| 5.5.1 Ventajas del método de formación práctica..... | 19 |
| 5.5.2 Ventajas de utilizar el método RE | 20 |
| 5.5.3 Limitaciones del método de formación práctica | 21 |
| 5.5.4 Limitaciones de la utilización del método RE..... | 21 |
| 5.6 Utilización del método RE como herramienta complementaria | 22 |
| 5.7 Opinión de los formadores sobre la comparación entre la práctica y el uso de herramientas RE | 23 |
| 5.8 Resultados de la mesa redonda virtual..... | 25 |
| 6. Debate..... | 27 |
| 7. Conclusión..... | 29 |
| 8. Referencias..... | 31 |

1. Prólogo

El proyecto “AR/VR for Aerospace PBF-LB Operators (AREOLA)” es parte del programa Erasmus+, e involucra a un consorcio de organizaciones: EOS (Alemania), EWF (Portugal), FA (Portugal), IDONIAL (España), LAK (Alemania), MakeReal (Reino Unido) y MTC (Reino Unido). Uno de los propósitos del proyecto es desarrollar materiales educativos que aprovechen la tecnología para mejorar la formación profesional en el campo de la fabricación aditiva

La aparición de la pandemia de Covid-19 ha estimulado la educación en línea y la integración de la tecnología digital en la educación. Esto ha aumentado la importancia de métodos educativos más innovadores en comparación con los métodos tradicionales de educación. A medida que los avances tecnológicos continúan remodelando el panorama de la educación y la formación, han surgido varios métodos para mejorar la experiencia de aprendizaje. En respuesta a esta transformación y para hacer que la educación y formación profesional sean más atractivas y alineadas con la era moderna, el proyecto AREOLA se ha dedicado a desarrollar contenido digital educativo. Sin embargo, el proyecto va más allá de simplemente producir contenido digital; también investiga las implicaciones pedagógicas de adoptar nuevas tecnologías.

Para lograrlo, el proyecto desarrolló materiales de formación teórica para su despliegue en línea y materiales de realidad extendida para la formación práctica. Estos materiales también se probaron mediante proyectos piloto en el resultado 4 del proyecto.

En este informe se presentan los resultados de estudios piloto que implicaron un análisis comparativo entre la formación práctica in situ y el aprendizaje mediante el uso de herramientas de Realidad Extendida (RE). La atención se centró en el modo en que estos enfoques repercuten en los alumnos y contribuyen a la consecución de resultados educativos. Este informe pretende comparar dos métodos de enseñanza distintos: Realidad Virtual (RV)/Realidad Aumentada (RA), también denominada en este informe Realidad extendida (RE), y práctica (tradicional). Cada método tiene ventajas y limitaciones únicas que influyen en su eficacia a la hora de impartir contenidos educativos y desarrollar habilidades. Los resultados de este estudio contribuirán a nuestra comprensión del impacto de las herramientas RE en la formación profesional y, en particular, en la formación de operarios de PBF-LB en el sector aeroespacial. Este informe está dirigido a un público diverso, que incluye proveedores de EFP (educación y formación profesional), formadores de EFP, investigadores en el campo de la tecnología educativa, así

como formadores y desarrolladores de formación en el sector aeroespacial y otras industrias que utilizan la tecnología de fabricación aditiva.

2. Método práctico (tradicional) para el aprendizaje práctico

La formación de los empleados reviste una gran importancia para prácticamente todas las empresas, ya se trate de nuevas contrataciones o de mejorar la cualificación de la plantilla existente para aumentar la eficacia operativa general. Esto es especialmente cierto en los sectores en los que los procesos son muy complejos y conllevan riesgos considerables. La formación práctica es un componente integral de estos programas, ya que permite a los empleados adquirir una valiosa experiencia en situaciones reales [9]. Sin embargo, tiene sus propias limitaciones. En primer lugar, la formación práctica puede consumir muchos recursos, ya que requiere una inversión financiera considerable en equipos, instalaciones y formadores cualificados. Este compromiso financiero puede sobrecargar el presupuesto de una empresa, por lo que resulta esencial buscar alternativas rentables.

Además, no hay que subestimar el factor de riesgo asociado a la formación práctica. En industrias con operaciones de alto riesgo, la realización de formación práctica puede exponer a los empleados a situaciones potencialmente peligrosas. Esto requiere la aplicación de estrictos protocolos y medidas de seguridad para mitigar estos riesgos, lo que añade una capa adicional de complejidad y coste al proceso de formación. Además, la formación práctica puede quedarse corta a la hora de transmitir completamente la intrincada estructura interna y los procesos operativos de maquinaria y sistemas complejos.

El apoyo logístico también supone un reto en la formación práctica. Coordinar la disponibilidad de equipos, instalaciones y formadores con los horarios de los empleados puede ser un rompecabezas logístico, que a menudo requiere una planificación y coordinación meticulosas. Los retrasos o contratiempos en este proceso pueden alterar el calendario de formación y afectar a la productividad.

En estos ámbitos, la necesidad de programas de formación rentables se hace imperativa, ya que sirven al doble propósito de reducir los riesgos relacionados con la formación y mejorar los resultados de la misma, al tiempo que se reducen los costes de formación. Para responder a estas necesidades, se pueden ofrecer tecnologías contemporáneas como solución alternativa.

3. Uso de la realidad extendida en la formación y la educación

Realidad Extendida (RE) es un término que engloba diferentes tecnologías que alteran la realidad añadiendo elementos digitales al entorno físico o del mundo real. Algunos ejemplos de RE son la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM). La RE puede utilizarse para diversos fines, como el entretenimiento, la educación sanitaria y la formación industrial para la fabricación. La RE puede crear experiencias inmersivas y atractivas en las que los usuarios pueden interactuar con elementos generados por ordenador en tiempo real [1]. Estas tecnologías, cuando se utilizan con cascos, gafas o pantallas especializadas, pueden insertar elementos 3D virtuales y digitales en el entorno de los usuarios mediante hologramas.

La utilización de sistemas RE se está extendiendo a diversos sectores, como las redes sociales, la sanidad, el ocio, el turismo y la educación. La capacidad de la tecnología RE para simular distintos entornos se utiliza cada vez más en la educación. Se está convirtiendo en uno de los métodos más utilizados para la formación, ya que hace que la formación de alto riesgo sea menos arriesgada gracias a la simulación, reduce los costes asociados a los programas de formación logísticamente exigentes utilizando entornos virtuales y aumenta la comprensión de conceptos abstractos a través de experiencias simuladas [2].

Otra razón que motiva la adopción de los sistemas RE en la educación es el mayor nivel de interacción que ofrecen. Gracias a los guantes hápticos y sensores, los sistemas RE más avanzados pueden llegar a permitir a los usuarios experimentar el tacto y otras sensaciones. Esta capacidad tiende un puente entre el mundo real y el entorno virtual. La siguiente imagen presenta los principales componentes de un sistema RE y muestra la interacción entre el usuario y los dispositivos.

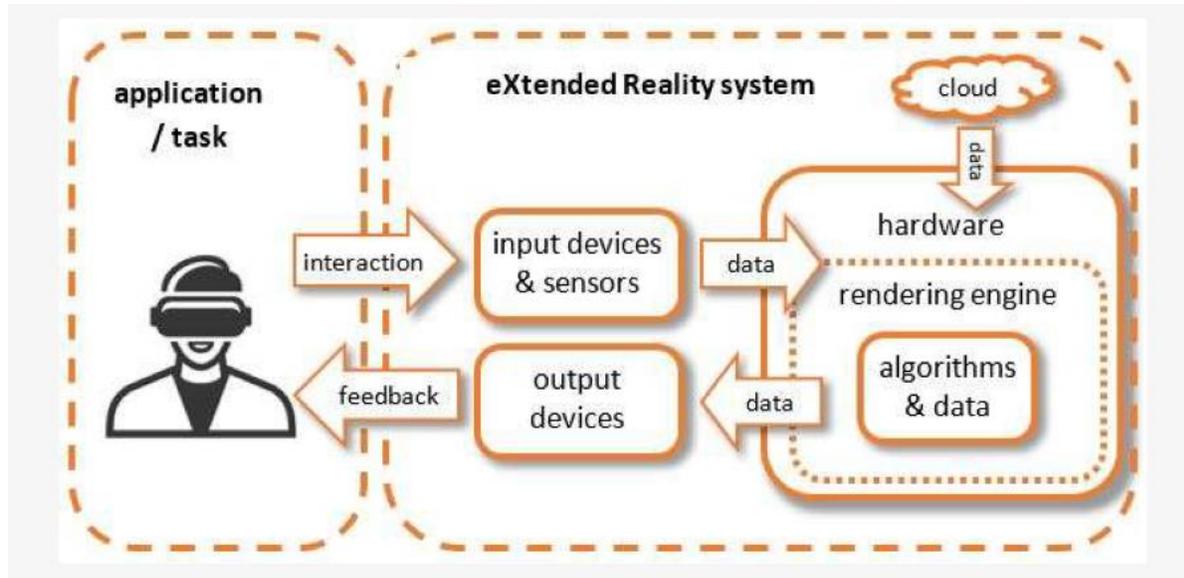


Imagen 1. Flujo de trabajo del sistema RE [12]

3.1 Uso del RE en la formación sobre fabricación aditiva

La fabricación aditiva (FA), comúnmente conocida como impresión 3D, ha revolucionado la forma de crear objetos y productos. Desde la industria aeroespacial hasta la sanitaria, esta tecnología ha encontrado aplicaciones en diversos sectores. Sin embargo, para aprovechar todo el potencial de la fabricación aditiva se necesita una mano de obra cualificada. Para lograrlo, la formación desempeña un papel crucial. Un enfoque innovador para mejorar la eficacia de la formación en AM es la incorporación de tecnologías de Realidad Extendida (RE) que combinan la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM) para proporcionar experiencias de formación inmersivas, interactivas y atractivas [10].

Los sistemas RE son los preferidos en la formación de AM, ya que estas tecnologías permiten crear entornos de aprendizaje inmersivos, diseñar simulaciones realistas, proporcionar formación interactiva, personalizar y adaptar fácilmente y, por último, posibilitar la formación y la colaboración a distancia. Además, tiende un puente entre la teoría y la práctica, ofreciendo un entorno sin riesgos para que los alumnos desarrollen sus habilidades de FA. A medida que la tecnología avanza, el papel de la tecnología RE en la formación en FA no hace más que crecer. Permite que la formación en FA sea más accesible, rentable y adaptable a las necesidades cambiantes de las industrias. Al incorporar la RE, el sector de la fabricación aditiva puede

garantizar una mano de obra bien formada, capaz de aprovechar todo el potencial de esta tecnología revolucionaria [7]

3.1.1 Ventajas del uso de herramientas RE en la formación sobre fabricación aditiva

La tecnología RE ya se está utilizando para la formación y el desarrollo de los empleados en diversas industrias, como la aeroespacial y la manufacturera. Estas son algunas de las ventajas de utilizar tecnologías RE en la formación en fabricación aditiva:

1- Simulación de entornos de trabajo reales: Las tecnologías RE crean entornos virtuales que reproducen experiencias del mundo real, lo que permite a las empresas mejorar las competencias de sus empleados mediante una formación simulada. Esto permite a las personas practicar tareas como por ejemplo el pilotaje de vehículos, en un entorno virtual antes de embarcarse en experiencias reales [3].

2- Creación de entornos seguros: Las tecnologías RE ofrecen un entorno de aprendizaje seguro en el que los alumnos pueden aprender de sus errores de formación, minimizando los riesgos potenciales. Por ejemplo, los técnicos pueden practicar operaciones con interruptores de alta tensión sin ningún peligro real [3].

3- Ahorro de dinero: Las tecnologías de RE reducen los gastos de formación al disminuir los costes asociados a los equipos de formación y a los entornos físicos. Por ejemplo, formar a empleados en la reparación de motores de aviones mediante realidad virtual es más rentable que utilizar equipos reales para el mismo fin [3].

4- Ayuda a los alumnos a mantener la concentración: La RE mantiene la concentración de los alumnos en su formación aislándolos de las distracciones del mundo real. El resultado es una mayor capacidad de atención, lo que permite una absorción y adquisición más rápidas de los nuevos conocimientos [5].

5- Reducción del tiempo de inactividad de la planta: La RE permite a las empresas continuar sus actividades de producción sin interrupciones, lo que evita interrupciones en sus ganancias derivadas de las actividades de formación. [6]

6- Orientación en tiempo real: La tecnología RE ofrece información inmediata a los empleados en la planta de producción, lo que ahorra tiempo al eliminar la necesidad de volver a consultar los recursos de formación o buscar constantemente la orientación de los supervisores. Esta

asistencia en tiempo real reduce enormemente el tiempo dedicado a resolver problemas en la línea de producción.

3.1.2 Las limitaciones del uso de herramientas RE en la formación sobre fabricación aditiva

Aunque las herramientas RE ofrecen numerosas ventajas para la formación en fabricación aditiva, existen algunas desventajas y retos asociados a su uso. Es importante ser consciente de estos posibles inconvenientes:

- 1- Costes: El desarrollo y despliegue de herramientas de RE en un entorno 3D, junto con el mantenimiento continuo y las actualizaciones de software, pueden resultar prohibitivos desde el punto de vista económico [3]. Además, el elevado coste del hardware restringe aún más el acceso a estas tecnologías, haciéndolas inaccesibles a un público más amplio [8].
- 2- Dificultades técnicas: La tecnología RE es relativamente nueva y, por tanto, el proceso de implantación puede enfrentarse a dificultades técnicas. Estos problemas pueden provocar retrasos en la formación y reducir potencialmente la eficacia general del programa de formación [7].
- 3- Ausencia de interacción personal: La formación RE, aunque inmersiva, carece de la interacción personal que proporcionan los métodos de formación tradicionales. Esto puede ser una desventaja para los alumnos que valoran la interacción cara a cara con formadores y compañeros [3].
- 4- Cinetosis: El uso de la tecnología RE puede inducir cinetosis (mareos asociados al movimiento) en determinados alumnos, lo que puede comprometer la eficacia general del programa de formación [7].
- 5- Falta de adaptabilidad: La formación basada en RE a menudo carece de la flexibilidad de la formación tradicional, en la que los empleados pueden aportar sugerencias y plantear preguntas de forma activa. Los programas RE pueden ser menos adaptables a las peticiones individuales, lo que limita las oportunidades de aprendizaje de los alumnos, al estar constreñidos por un software predefinido.

4. Método

De acuerdo con los objetivos de este resultado del proyecto, los socios del proyecto AREOLA organizaron una formación práctica para integrar las herramientas RE en el entorno de formación y comparar el método RE y el método práctico. Las herramientas RE empleadas en este trabajo se desarrollaron en el contexto del proyecto AREOLA.

4.1 Casos prácticos

Para identificar los casos de uso de la Fabricación Aditiva adecuados para el desarrollo de herramientas RE, se llevó a cabo una revisión en profundidad de las operaciones prácticas integrantes de la cualificación PBF-LB. El proceso de selección consistió en evaluar los diez casos de uso más prometedores mediante una matriz exhaustiva que tenía en cuenta la demanda de la industria, la compatibilidad con las herramientas de formación RE y el valor global para los centros de Educación y Formación Profesional (EFP) y los estudiantes.

La matriz comprendía distintos criterios categorizados para evaluar eficazmente cada caso de uso potencial descrito en la directriz de la EWF para "Operarios internacionales de AM de metales: Powder Bed Fusion - Laser Beam". Estos criterios incluían:

- **Criterios de eliminación:** Condiciones esenciales para el éxito de la transformación de contenidos analógicos en RE, haciendo hincapié en factores como la disponibilidad y accesibilidad de datos 3D/CAD precisos.
- **Clasificación de casos de uso:** Teniendo en cuenta la capacidad de RE para implementar recursos y animaciones 3D, esta categoría evaluó la viabilidad de implementar contenidos RE para aplicaciones prácticas o formación con un enfoque en pasos manuales frente a contenidos teóricos.
- **Caso de negocio:** Más allá de la viabilidad técnica, este criterio examinó los aspectos e impactos empresariales asociados a cada caso de uso.
- **Evaluación de riesgos:** Evaluación del potencial para representar de forma segura contenidos potencialmente peligrosos en la formación RE, salvaguardando tanto a los alumnos como a los equipos.

- **Relacionado con RE:** Basándose en factores experienciales, esta categoría consideraba aspectos menos dependientes de hechos concretos, del tipo/asimilables a "Argumentos comerciales".

El proceso de preselección también implicó un examen exhaustivo de cómo se enseñan actualmente estas operaciones prácticas, incluidos los materiales de formación asociados a cada Unidad de Competencia (UC) dentro de la cualificación de operador PBF-LB relacionada con la Unidad de Competencia 21: Mantenimiento de sistemas PBF-LB según el Sistema Internacional de Cualificación de Fabricación Aditiva (IAMQS).

Tras la selección de escenarios prácticos, se evaluaron las herramientas de RE disponibles, y se eligió Unity 3D como herramienta de software para desarrollar casos prácticos de uso en Realidad Virtual (RV). Se eligió Unity 3D por su uso generalizado en el desarrollo de aplicaciones inmersivas, que ofrece capacidades tanto de desarrollo local como de despliegue en dispositivos autónomos, esenciales para cumplir los estrictos requisitos de seguridad de los datos en el sector aeroespacial.

Uno de los casos de uso identificados para la fase piloto consiste en el desarrollo y despliegue de una aplicación RE para el escenario de sustitución y alineación de cuchillas del elemento de una máquina PBF-LB recoater (sistema de dispensación de capas de material en polvo). Este escenario concreto se centra en la alineación precisa de una cuchilla, y abarca la colocación de la carcasa de una cuchilla y los pasos del procedimiento para su alineamiento, como se ilustra en la imagen 2.



Imagen 2: Caso práctico de la cuchilla del recoater

Otro caso de uso seleccionado para su desarrollo en la fase de pilotaje es el escenario “Recorrido de Seguridad y Salud”. El objetivo de este caso de uso es familiarizar a los usuarios con los equipos de protección individual, enseñarles los mecanismos de seguridad específicos de la máquina y proporcionarles conocimientos sobre las zonas críticas de la máquina desde el punto de vista de la seguridad. En la imagen 3 se muestra este caso.

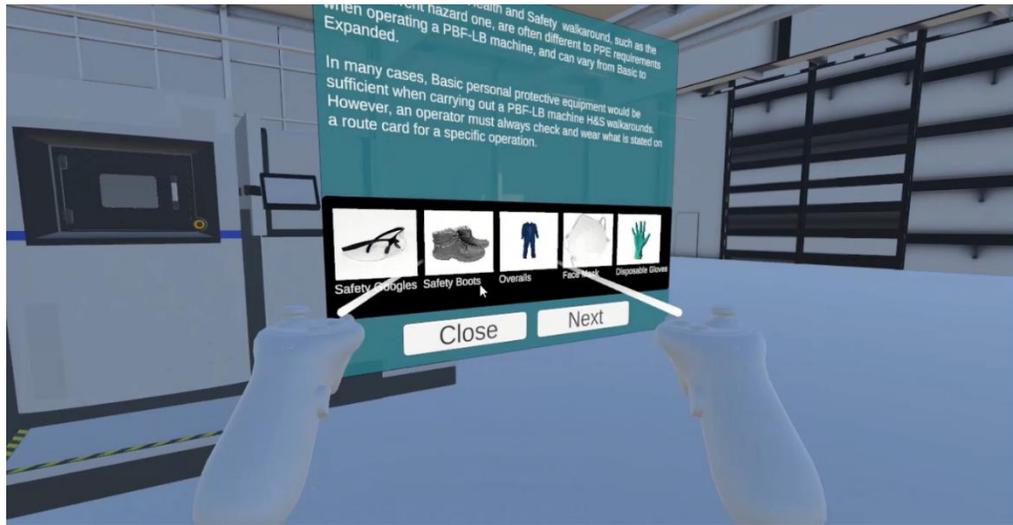


Imagen 3: Caso práctico de un recorrido de salud y seguridad

El escenario de medición de la potencia láser también se ha desarrollado en la aplicación RE. Este caso de uso se centra en la verificación de la potencia del láser, un procedimiento crucial para el trabajo de una máquina PBF-LB de fabricación aditiva. Dado que el sistema láser juega un papel fundamental en la generación de la energía necesaria para la fusión de material particulado, los operarios deben garantizar su óptimo funcionamiento para evitar cualquier degradación o alteración. En la imagen 4 se muestra una escena del escenario de medición de la potencia del láser.

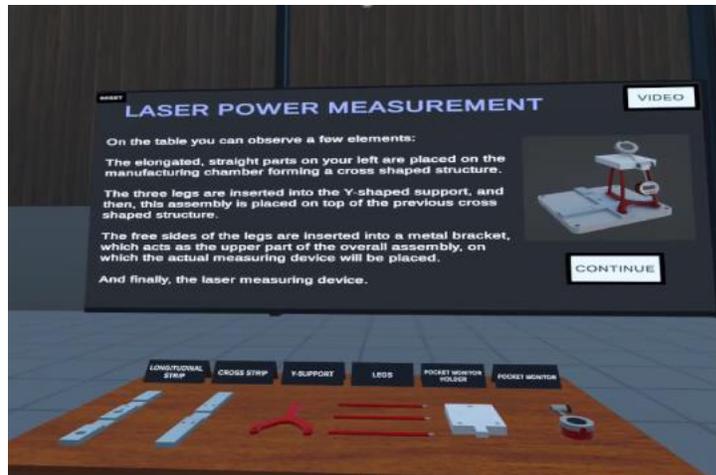


Imagen 4: Medición de la potencia láser

4.2 Diseño del curso piloto

El estudio piloto se estructura como una actividad experimental en el contexto del proyecto AREOLA. Los estudios piloto se ejecutaron en múltiples lugares, incluyendo Portugal, España, Alemania y el Reino Unido. En concreto, IDONIAL, EOS y MTC llevaron a cabo estas formaciones piloto en sus respectivas instalaciones. En particular, la organización Favourite Answer (FAN) colaboró con otra organización en Portugal, ISQ, y juntos llevaron a cabo el pilotaje práctico en las instalaciones de ISQ. Cabe señalar que algunos socios programaron sesiones de formación que se prolongaron más allá de un solo día, lo que indica el carácter exhaustivo de las actividades de formación realizadas en el marco del estudio. Además, la Universidad RWTH de Aquisgrán, entidad asociada del proyecto, llevó a cabo una sesión piloto adicional.

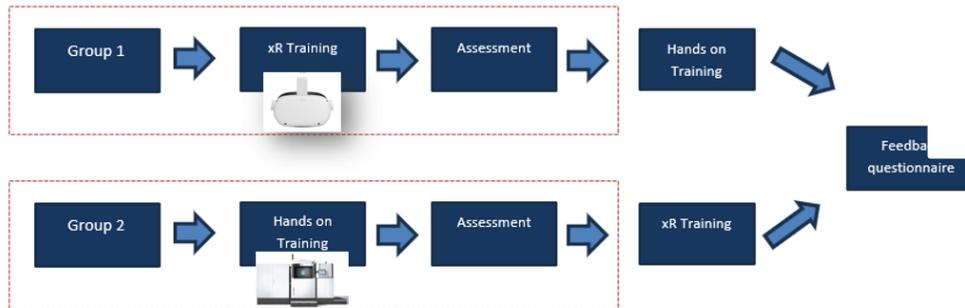
Los socios seleccionaron un caso de uso basado en su modelo de máquina PBF-LB disponible, pero todos los socios se adhirieron al mismo diseño de recogida de datos para facilitar la comparación de las dos metodologías empleadas en el proyecto AREOLA. Los detalles de los pilotos realizados por los socios se indican a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1: Detalles de las sesiones piloto prácticas de los socios

| País | Socio | Nº Alumnos | Casos de uso | Fecha |
|-------------|-------------------------------------|------------|--------------------------------|-------------------------|
| Alemania | EOS | 6 | Medición de la potencia láser | 19 y 20 de septiembre |
| | | 2 | | 14 de noviembre de 2023 |
| Portugal | FAN | 12 | Recorrido de salud y seguridad | 13 de noviembre de 2023 |
| España | IDONIAL | 11 | Medición de la potencia láser | 8 de noviembre de 2023 |
| | | 8 | | 14 de noviembre de 2023 |
| REINO UNIDO | MTC | 5 | Cuchilla del recoater | 26 de septiembre |
| | | 5 | | 18 de octubre |
| | | 7 | | 25 de octubre |
| Alemania | DAP RWTH (Universidad de Aquisgrán) | 4 | Recorrido de salud y seguridad | 17 de enero |

Los participantes en la formación se dividieron en dos grupos: un grupo recibió formación práctica, mientras que el otro participó en sesiones del método RE. Los dos grupos recibieron los mismos contenidos en ambas metodologías. Una vez concluidas sus respectivas sesiones de formación, cada participante se enfrentó a preguntas de evaluación diseñadas para captar la retención de conocimientos por parte del alumno. A continuación, los grupos cambiaron de metodología y tuvieron la oportunidad de experimentar ambos métodos. Al final de la formación, los participantes y los formadores rellenaron un cuestionario diseñado específicamente para que expresaran sus opiniones sobre la utilización de estas dos metodologías diferentes. A continuación se expone el esquema de diseño de la sesión piloto.

Figura 1: Esquema del piloto práctico seguido por todos los socios



Una vez finalizado el pilotaje práctico, los socios organizaron mesas redondas virtuales a escala nacional para validar los resultados del pilotaje, obtener información sobre las conclusiones extraídas por los alumnos y evaluar el impacto futuro del proyecto AREOLA en la formación de los operarios de PBF-LB.

4.3 Instrumentos

Las preguntas de evaluación han sido desarrolladas por los socios del proyecto para cubrir los resultados de aprendizaje del contenido de la formación. Como ya se ha mencionado, se ha impartido el mismo contenido a los participantes tanto en la formación práctica como en el método RE. Hay tres conjuntos de evaluación diferentes asociados al contenido de la formación: el escenario de formación sobre salud y seguridad tiene tres preguntas de opción múltiple, y los escenarios de medición de la potencia del láser y de cambio de la hoja recubierta tienen cuatro preguntas de evaluación.

Para recoger la opinión de los participantes en relación con su experiencia con los métodos de formación utilizados, se elaboró un cuestionario de opinión. Hay ocho preguntas en una escala de Likert de 4 puntos, que incluyen aspectos como la pedagogía, la interactividad, el fomento del aprendizaje, etc. Algunos ejemplos de preguntas son: "Este método fue interactivo", "Este método facilitó la comprensión del contenido" y "Me gustó este método de formación".

Además, los socios elaboraron un cuestionario de opinión para que los formadores expresaran sus opiniones sobre los dos métodos de formación diferentes. Tras completar toda la sesión de formación, los formadores respondieron al cuestionario. El cuestionario consta de tres secciones: la primera recoge información sobre los formadores, la segunda está diseñada para evaluar los

métodos prácticos de aprendizaje (4 preguntas, cada una de ellas con una escala de Likert de 4 puntos) y la tercera consta de preguntas abiertas que permiten a los formadores profundizar en sus opiniones sobre las ventajas, limitaciones y oportunidades de mejora.

La recogida de opiniones en las mesas redondas virtuales se llevó a cabo mediante preguntas de debate semiestructuradas, y los socios tuvieron flexibilidad para introducir preguntas adicionales o diferentes durante el desarrollo del debate. Ejemplos de estas preguntas son "¿Cómo contribuiría el curso (tanto el teórico como el curso piloto impartido como parte del proyecto AREOLA) a su futuro en Fabricación Aditiva?" y "¿Qué opina sobre el impacto potencial del proyecto AREOLA en la formación de operarios de PBF-LB?".

4.4 Participantes

Se han llevado a cabo ocho sesiones piloto prácticas para recopilar los datos necesarios para comparar estas dos metodologías y obtener el resultado del porcentaje de formación práctica que podría impartirse con el método de las herramientas RE.

Un total de 61 participantes asistieron a la formación práctica de piloto. La mayoría de los participantes (50,9%) pertenecen al intervalo de edad de 26-40 años, mientras que el 20% se encuentra en el intervalo de 41-57 años. Además, el 18,2% se encuentra en el intervalo de 19-25 años, el 3,6% en el de 16-18 años y, por último, el 1,8% es mayor de 58 años.

El 49,2% de los participantes son ingenieros, el 5,1% son operarios, el 22% son técnicos, el 3,4% son diseñadores y el 20,3% han elegido otras opciones, especificándose como estudiantes y doctorandos. En cuanto a los niveles educativos, el 44,1% tiene un título universitario, el 18,6% se graduó en la escuela secundaria, el 23,7% se graduó en escuelas técnicas y de formación profesional. Además, el 11,9% tiene títulos de posgrado.

Entre los participantes, el 43,6% no tenía experiencia previa con las tecnologías RE, el 30,9% había utilizado la tecnología anteriormente para fines generales y el 16,4% había utilizado herramientas RE para otros fines de formación.

Además, 66 participantes se unieron a las mesas redondas nacionales virtuales, algunos de los cuales ya habían asistido a las formaciones piloto del proyecto AREOLA (tanto teóricas como prácticas), mientras que otros conocían por primera vez el proyecto AREOLA. Los participantes en las mesas redondas virtuales procedían del sector manufacturero y trabajaban principalmente como ingenieros, diseñadores, formadores/profesores de escuelas de formación profesional,

proveedores de formación e instituciones de educación superior, así como estudiantes universitarios de disciplinas afines (ingeniería mecánica e ingeniería de materiales).

4.5 Análisis de datos

Los datos de los pilotos se recogieron mediante cuestionarios de evaluación y retroalimentación. Los datos recopilados se analizaron mediante el programa SPSS V22. En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo para definir las características de la muestra y comprobar si los datos se distribuían normalmente o no. Como los valores de asimetría y curtosis se situaron entre +3 y -3, se aceptó que la distribución de los datos era normal. Para comparar las puntuaciones medias entre los métodos práctico y RE en cuanto a éxito y satisfacción, se realizaron pruebas t. Además, se utilizó ANOVA para comprender la relación entre la edad, el uso previo y la preferencia por las herramientas RE. Además, se ha realizado un análisis de contenido para analizar las preguntas abiertas de los cuestionarios de retroalimentación y los datos recogidos a través de las mesas redondas virtuales.

5. Hallazgos

5.1 Puntuación de éxito entre métodos prácticos y RE

Se realizó una prueba t de muestras independientes para comparar las puntuaciones medias entre el grupo práctico ($M = 74,14$, $DT = 19,95$) y el grupo RE ($M = 65,24$, $DT = 30,82$). La prueba t no reveló ninguna diferencia estadísticamente significativa en las puntuaciones entre los dos grupos, $t(60) = 1,32$, $p = 0,19$. (Véase el cuadro 2)

Tabla 2. **Resultados de** la prueba t de muestras independientes

| | Método | N | Media | Desviación est. Desviación | Error estandar Media | t |
|------------|----------|----|-------|----------------------------|----------------------|------|
| Puntuación | Práctico | 28 | 74.14 | 19.95 | 3.77 | 1.32 |
| | RE | 34 | 65.24 | 30.82 | 5.28 | |

Los resultados indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la formación con métodos prácticos y con métodos RE en cuanto a la consecución de resultados de aprendizaje.

5.2 Diferencias de puntuación entre el método práctico y el método RE

Para analizar las diferencias entre los métodos práctico y RE, se ha realizado una prueba t de muestras emparejadas. El método de prueba se ha seleccionado porque hemos recogido datos emparejados, lo que significa que cada participante experimentó tanto el método práctico como el método RE. Según el resultado del análisis de la prueba t de muestras emparejadas (que figura en la Tabla 3), no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los métodos práctico ($M = 26,38$, $DT = 7,12$) y RE ($M = 26,75$, $DT = 3,35$), $t(52) = 0,72$, $p > 0,005$ (dos colas). La diferencia media entre la puntuación obtenida con el método práctico y la obtenida con el método RE fue de $-0,38$; el intervalo de confianza del 95% para la diferencia osciló entre $-2,51$ y $1,75$.

Tabla 3. Resultados de la prueba t de muestras pareadas

| Variable | Práctico | RE |
|-------------------------------------|-----------------|-------|
| Media (M) | 26.38 | 26.75 |
| Desviación estándar (DE) | 7.12 | 3.35 |
| Estadística t | -0.355 | |
| Grados de libertad (df) | 52 | |
| Valor p | 0.724 | |
| IC 95% para la diferencia de medias | [-2.5101, 1.75] | |

Los resultados indican que no hay diferencias significativas en las experiencias de los usuarios entre los métodos Práctico y RE.

5.3 Puntuación RE y rangos de edad

Para investigar las diferencias en las puntuaciones RE entre cinco grupos de edad (Grupo 1: 16-18 años; Grupo 2: 19-25 años; Grupo 3: 26-40 años; Grupo 4: 41-57 y Grupo 5: 58+), se realizó un ANOVA de una vía, cuyos resultados figuran en la Tabla 4. Los resultados del ANOVA arrojaron un $F(4,47)=1,16$, $p\text{-valor}=0,34$. Por lo tanto, no hay diferencias significativas en las puntuaciones RE entre los cinco grupos de edad.

Tabla 4. Los resultados del ANOVA muestran diferencias en las puntuaciones de las herramientas RE en función de la edad

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | de Grados libertad (df) | de Cuadrado medio | Estadística F | Valor p |
|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|---------------|---------|
| Entre grupos | 58.43 | 4 | 14.61 | 1.16 | 0.34 |
| Dentro de los grupos | 591.80 | 47 | 12.59 | | |
| Total | 650.23 | 51 | | | |

El análisis sugiere que la edad no parece desempeñar un papel significativo a la hora de decantarse por el uso de la tecnología RE.

5.4 Diferencias entre la puntuación obtenida con la RE y el uso previo de la RE

Para investigar las diferencias entre el uso previo de las herramientas RE en los tres grupos de experiencia previa (Grupo 1: Sí, en otra formación; Grupo 2: Sí, pero sólo de forma general; Grupo 3: No y el favorecimiento de las herramientas RE, se empleó la prueba ANOVA de una vía, como se muestra en la Tabla 5. Los resultados del ANOVA arrojaron un $F(2,50)=0,07$, valor $p=0,94$. Según los resultados, no hay diferencias significativas en las puntuaciones medias de RE entre los tres grupos de experiencia previa.

Tabla 5. Los resultados del ANOVA muestran diferencias en las puntuaciones de los comentarios sobre las herramientas RE en función del uso previo de las herramientas RE.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | de Grados de libertad (df) | de Cuadrado medio | Estadística F | Valor p |
|----------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------|---------|
| Entre grupos | 1.71 | 2 | .86 | .07 | .94 |
| Dentro de los grupos | 650.1 | 50 | 13 | | |
| Total | 651.81 | 52 | | | |

Estos resultados sugieren que no hay diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones RE entre la experiencia previa del usuario. En conclusión, la familiaridad con la tecnología RE no es un factor determinante para favorecer las herramientas RE para la formación según el resultado del ANOVA.

5.5 Opiniones de los participantes sobre los métodos de formación utilizados

Los participantes también escribieron sus opiniones sobre las ventajas y los aspectos limitados de ambos métodos. Sus respuestas se han resumido y clasificado en función de las respuestas comunes que figuran a continuación.

5.5.1 Ventajas del método de formación práctica

Los participantes expresaron su opinión sobre la parte que más les gustaba del método de formación práctica. La mayoría de los participantes coincidieron en que la formación práctica ofrece oportunidades a los alumnos. Por ejemplo, facilita la interacción entre formadores y alumnos, la proximidad a equipos reales y permite a los alumnos recibir información inmediata de los formadores. He aquí algunas citas de los participantes:

- Puedes hacer preguntas al profesor. (PT12)
- Experiencia práctica real, condiciones realistas, respuesta inmediata. (SP2)
- El formador puede detectar rápidamente los errores y otras muchas cosas, y mejorarlas inmediatamente. (DE3)

- Mayor interacción directa y posibilidad de hacer preguntas personalizadas. (SP6)
- Trabajar con materiales reales le proporcionaría una comprensión más completa (SP5).
- Puedes ver y tocar físicamente aquello en lo que estás trabajando. (UK2)
- Tener las piezas realmente a mano, estimar el peso y la manejabilidad. (DE6)

5.5.2 *Ventajas de utilizar el método RE*

Los participantes afirmaron que utilizar el método RE tiene algunas ventajas, por ejemplo, facilita la interacción con la máquina, permite la personalización de los contenidos, hace que los alumnos se sientan más cómodos sin miedo al fracaso ni a las lesiones, no interrumpe el proceso de producción y, por último, permite la formación a distancia y el aprendizaje individualizado. A continuación figuran algunas citas de los alumnos;

- Es una forma más fácil y cómoda de interactuar con la máquina. (PT7)
- Comprendí mejor la máquina antes de trabajar con ella. (UK10)
- Estructurado; te llevas una buena impresión y te sientes preparado para ir a la máquina. (DE3)
- Mucho potencial para la personalización de contenidos. (PT9)
- Entrenamiento individualizado, interacción con el entorno sin riesgo, familiarización con los materiales, apoyo visual y auditivo. (SP8)
- Inmersión y realismo, aprendizaje práctico sin miedo al fracaso, feedback inmediato. (SP2)
- No es necesario detener la producción para que tenga lugar la formación. (SP4)
- No hay riesgo de lesiones ni de dañar el equipo. Se puede aprender sin interferir con la máquina real. (SP5)
- Poder impartir formación a distancia. Varios alumnos pueden practicar simultáneamente. (SP9)
- Poder interactuar con una máquina de la que no se dispone físicamente. (SP10)
- Formación a distancia sin equipamiento. (SP14)
- La RV permitió realizar la operación en cualquier entorno. (UK14)

5.5.3 *Limitaciones del método de formación práctica*

Los participantes mencionaron algunas limitaciones del uso de métodos de formación práctica. Afirmaron que el método práctico carece de repetición y mejora, reflexión independiente y ejercicio práctico individual. A continuación, figuran algunas citas de los participantes;

- No se puede repetir; se olvidan las cosas más rápido porque no se pueden repetir sin un formador. (DE3)
- Necesitan más tiempo de reflexión independiente para recordar los conocimientos aprendidos. (DE4)
- Necesidad de incluir un ejercicio práctico. (PT2)
- Necesito más tiempo con la máquina para familiarizarme. (PT3)

5.5.4 *Limitaciones de la utilización del método RE*

Los participantes señalaron ciertas limitaciones en la utilización de métodos RE basadas en sus experiencias específicas. Entre ellas, la menor interactividad y calidad visual de los contenidos, la falta de opciones multilingües, el desconocimiento de la tecnología, las limitaciones táctiles de la tecnología RE y las consideraciones espaciales. He aquí algunos ejemplos de citas de los participantes:

- Debería ser más interactivo, la información, los contenidos gráficos deberían aprovechar las capacidades de la RV. (PT9)
- Posibilidad de elegir idioma para las explicaciones y el texto. (SP7)
- Ejecutar todas las fases del proceso, incluidas las máquinas auxiliares y los distintos casos y problemas que puedan surgir. (SP11)
- No estar familiarizado con los controles RE puede distraer de los resultados de aprendizaje de la formación (UK5)
- Más espacio abierto para pasear. (UK7)
- Para tener una sensación básica y aprender procedimientos estupendo, pero no es bueno para aprender parámetros exactos. (DE2)

5.6 Utilización del método RE como herramienta complementaria

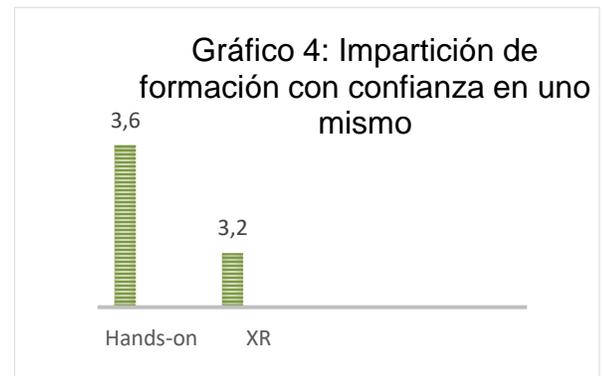
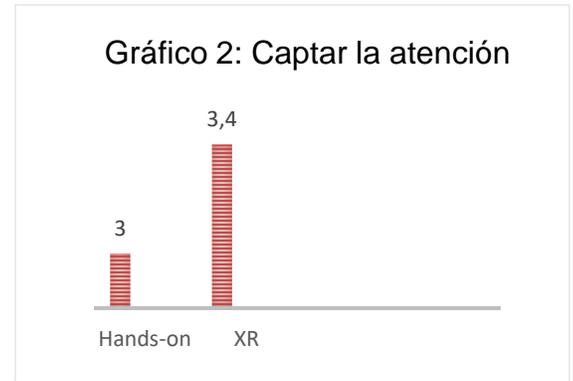
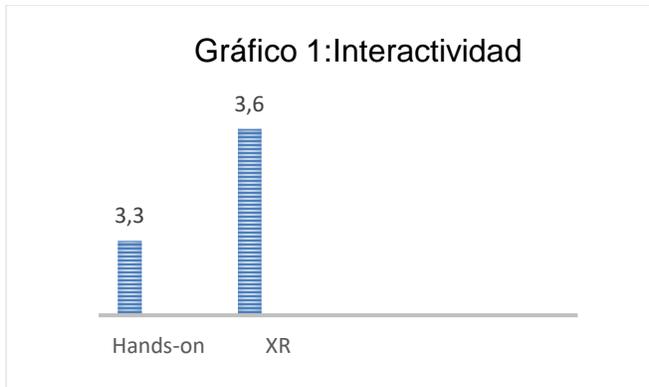
Se preguntó a los participantes su opinión sobre el uso del método RE como herramienta complementaria de la formación práctica. La mayoría de ellos revelaron que el método RE podría utilizarse como herramienta complementaria para mejorar la formación práctica disminuyendo los problemas de seguridad, permitiendo la familiarización con la máquina y la práctica de acciones, la formación remota y flexible, el ahorro de tiempo y costes y el aumento de la información. A continuación se ofrecen algunos ejemplos de citas de los participantes.

- Se podría presentar más información en el mundo de la RV e incluso más interactiva. (PT4)
- Las cosas que no se pueden hacer con las manos se pueden fijar en lo virtual. (PT6)
- Es más fácil repetir la formación la RV y el enfoque práctico da más espacio para preguntas y más información. (PT7)
- Es más seguro con RE (PT8)
- Veo la oportunidad de introducirse en los equipos/procedimientos con la RV y dedicar menos tiempo a la formación in situ. (PT9)
- Sí, si la formación virtual es lo primero, el operario se sentirá más seguro durante la formación a máquina. (SP1)
- Significativamente mayor confianza en sí mismo / familiaridad con la máquina, aprendizaje seguro de los movimientos en el espacio alrededor de la máquina. (DE4)
- Practicar en RV hasta interiorizar el proceso, y luego realizarlo en la máquina bajo supervisión para apreciar los detalles reales a los que la RV aún no ha llegado. (SP3)
- Con la formación en RV, se puede practicar con seguridad hasta que los pasos del proceso se vuelvan automáticos, y con la formación basada en máquinas, se ve la auténtica realidad. (SP11)
- Es una experiencia complementaria y es un lugar seguro para probar nuevos procesos. (RU6)
- La posibilidad de cometer errores. (SP14)
- Aunque la RV se acerca a la realidad, siempre es aconsejable combinar ambos métodos, especialmente para operaciones críticas. (SP16)
- Se puede hacer a distancia y a ritmo individual. (UK1)
- La formación virtual sería un primer paso muy útil e informativo en la formación de máquinas que permitiría orientar el elemento práctico a las especificaciones. (UK5)

- Familiaridad con la máquina; se conocen y practican las acciones, por lo que se dispone de más tiempo para otras informaciones sobre la máquina. (DE6)
- RE y luego formación práctica real es una gran ruta a seguir. (UK10)
- Puedes hacer la formación en cualquier sitio, y no tienes que tener la máquina para aprender. (UK11)
- Ahorro de tiempo, componente local; sin tiempo de inactividad de la máquina durante la formación. (DE1)
- Sí, si un formador está disponible para preguntas de seguimiento, es una buena preparación; menos costes, --Formación más rápida y flexible; repetible; no se puede dañar nada. (DE3)

5.7 Opinión de los formadores sobre la comparación entre la práctica y el uso de herramientas RE

Los formadores respondieron al cuestionario de evaluación tras completar la formación. Se formularon algunas preguntas para conocer su punto de vista sobre la interactividad, la captación de la atención de los formadores, los riesgos de seguridad y el sentimiento de confianza al impartir la formación. A partir de sus respuestas, se calcularon las puntuaciones medias para cada campo. La puntuación mínima es 0 y la máxima 4 para cada campo. Se han creado los siguientes gráficos para mostrar los resultados visualmente.



Según los datos facilitados por los formadores, el método RE parece ser más interactivo y captar mejor la atención de los alumnos durante la formación. Además, los formadores señalaron que el método RE ofrece un entorno más seguro para la formación práctica. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, los formadores siguen expresando un mayor nivel de confianza a la hora de impartir la formación práctica.

Los formadores también compartieron sus opiniones sobre las ventajas de los métodos práctico y RE. A continuación se exponen algunas de las ventajas del método de formación práctica con citas directas de los formadores.

- La formación práctica es más "fluida", en el sentido de que puede adaptarse más fácilmente a los alumnos. También es más rápida de llevar a cabo para audiencias más numerosas, ya que varias personas pueden realizarla al mismo tiempo. El tiempo necesario para llevar a cabo este método de formación también es bastante constante, ya que el formador suele emplear el mismo tiempo, mientras que para la RE puede ser más largo o más corto en función del alumno. (T1)

- Mejor percepción de las tareas gracias a la manipulación manual (T4)
- Vista detallada de la máquina y presentación real de los pasos. Posibilidad de hacer preguntas. (T5)

Además, se destacan las ventajas del uso de RE como;

- Además de las ventajas obvias en términos de salud y seguridad, la formación RE es un método más sencillo para empezar. También proporciona un entorno más libre de estrés, ya que no hay peligro de dañar las máquinas reales. Esto permite al usuario realizar operaciones que sería peligroso realizar en directo, tantas veces como sea necesario antes de pasar a la formación real. La formación RE también puede repetirse tantas veces como sea necesario, con el fin de aumentar la comprensión.

La formación RE no necesita que se utilice una máquina para ello, lo que reduce enormemente los costes de la formación.

Una cuestión clave en la formación RE es que su eficacia está directamente relacionada con la calidad del escenario, y su eficacia debe medirse caso por caso. (T1)

- Sin contacto con el polvo + rápido + sin necesidad de EPI + reproducible + depende en gran medida de la calidad del programa de RV. (T3)

- Pueden preparar los conocimientos básicos de los alumnos, no se producirán "aplastamientos" durante la formación. (T4)

- Elimina el peligro, elimina el conflicto de disponibilidad de la máquina. (T5)

También se preguntó a los formadores sobre la utilidad de las herramientas RE en la formación práctica, a lo que el 100% respondió afirmativamente. Además, en promedio, pensaban que el 50% de la formación práctica podría sustituirse por herramientas RE.

5.8 Resultados de las mesas redondas virtuales

La validación de los resultados del proyecto piloto se llevó a cabo mediante mesas redondas virtuales nacionales, en las que participaron personas de muy diversa procedencia. Entre los participantes había quienes ya habían asistido a cursos de formación de AREOLA y otros que se encontraban con el proyecto AREOLA por primera vez. El análisis de contenido revela una visión generalmente positiva del proyecto AREOLA, haciendo hincapié en su potencial para mejorar la

formación de los operarios de PBF-LB mediante el aprendizaje práctico, el ahorro de costes y un impacto organizativo más amplio. Las respuestas también destacan la necesidad de un enfoque equilibrado, que combine la formación virtual con las demostraciones en directo. A continuación se recogen algunas citas de los asistentes.

- "¡Puede ser útil para aprender a trabajar con sistemas PBF-LB independientemente de su ubicación!"
- "Muy buenas oportunidades en la producción orientada al futuro"
- "Menos ocupación de máquinas gracias a la formación en RV"
- "Introduce una herramienta de formación extremadamente potente. Permite una formación más autónoma y guiada".

Además, los participantes que asistieron a la formación AREOLA perciben el curso como beneficioso para la aplicación práctica, el apoyo a los esfuerzos de formación, la mejora del trabajo actual en impresión 3D y la aportación de ventajas para el futuro desarrollo profesional en el campo de la fabricación aditiva. También se reconoce el papel del curso en la adquisición de conocimientos y la ampliación de la comprensión de las posibilidades de la fabricación aditiva. A continuación figuran algunas citas de los participantes.

- "Puedes entender muchas cosas a partir de la información recibida y aplicarlas a tu vida cotidiana, ya sea el mantenimiento o la reparación de cosas sencillas en una impresora 3D".
- "En el campo de los componentes, esto es práctico para la producción futura, pues ya se tienen conocimientos previos".
- "Es bueno conocer las posibles aplicaciones; he adquirido una visión general de las posibilidades de la fabricación aditiva".
- "Se podrían sustituir partes de la formación por un entorno virtual y ahorrar material".
- "Has adquirido conocimientos que se pueden utilizar en la impresión 3D, conoces varios procesos para fabricar componentes mejor/más rápido."

Los participantes indican que muchos temas posibles pueden impartirse mediante herramientas RE en la formación de operarios de PBF-LB, con menciones a la seguridad, la optimización y la

aplicación a diversas áreas dentro del campo de la fabricación aditiva. En las siguientes citas se recogen algunos comentarios de los asistentes.

- "Tipos de polvo, solución de problemas de la máquina"
- "Puedes comprobar y optimizar ciertos pasos de trabajo por adelantado".
- "La FA es muy amplia y tiene muchos otros subtemas, ya sea en la utilización de procesos o en la calibración/mantenimiento de equipos".
- "En mi opinión, la formación RE se aplicará en una gran variedad de áreas, como soldadura, mecanizado, CNC y otras".

Por último, los participantes en la mesa redonda consideraron interesante el proyecto y algunos manifestaron su intención de seguir los resultados del mismo. Además, otros mencionaron que visitarían el sitio web del proyecto si fuera necesario, lo que indica una acogida positiva y un interés permanente por la evolución del proyecto.

6. Debate

Las tecnologías RE se han utilizado principalmente para la formación práctica, haciendo hincapié en las tareas prácticas habituales en el uso industrial. Sin embargo, se necesita más investigación para explorar cómo puede integrarse la RE en los programas de formación para complementar y posiblemente incluso sustituir los enfoques de formación tradicionales [11]. Para llenar este vacío, este informe compara la eficacia del método RE con la formación práctica tradicional. El análisis de los resultados de aprendizaje de los programas de formación indica que no hay diferencias significativas entre el método de formación práctica y el método de formación RE. El rendimiento de los alumnos en la evaluación arrojó resultados bastante similares. Esto implica que ambos métodos son igualmente eficientes en términos de adquisición de las habilidades y conocimientos definidos en los resultados de aprendizaje, y los formadores sugieren que el 50% del programa de formación práctica para la cualificación de operador de PBF-LB se lleve a cabo utilizando las herramientas RE.

El análisis de las puntuaciones de los alumnos reveló un hallazgo notable: no hubo diferencias significativas en la eficacia percibida entre los métodos de las herramientas prácticas y RE. Este resultado sugiere que los alumnos veían ambos métodos de forma similar en términos de eficacia pedagógica, interactividad, estímulo del aprendizaje y fomento de la confianza. Esta coincidencia

en la percepción subraya el potencial de las herramientas RE como alternativa igualmente viable y eficaz a los métodos prácticos tradicionales. Además, según el análisis de los resultados, la edad y el uso previo de las herramientas RE no influyen significativamente en la percepción de los usuarios a través del método RE. Por lo tanto, el método podría utilizarse con personas de distintas edades y no requiere grandes conocimientos técnicos ni habilidades para manejar la herramienta RE.

Además, los participantes mencionaron varias ventajas asociadas al uso de herramientas de RE, como la facilitación de experiencias de aprendizaje individualizadas y a su propio ritmo, la posibilidad de formación a distancia, la reducción del tiempo y los costes asociados a los programas de formación, y una medida preventiva contra daños y perjuicios cuando se entra en contacto con las máquinas por primera vez. Además, la observación de que el uso de métodos RE no interrumpe el funcionamiento de las máquinas ni los procesos de producción surgió como otra ventaja significativa apreciada por los alumnos. La eficacia percibida y el reconocimiento de varias ventajas son prometedores para la integración de las herramientas RE en las metodologías de formación.

A pesar de las evidentes ventajas de integrar herramientas de RE en la formación, los participantes destacaron ciertas limitaciones que merecen ser tenidas en cuenta. Un requisito previo esencial para una formación RE eficaz es el desarrollo de la propia herramienta RE con buena calidad y alta resolución. Esto subraya la importancia de invertir en los aspectos tecnológicos de la RE para garantizar una experiencia de aprendizaje fluida y envolvente.

Además, a pesar de los resultados cuantitativos, los análisis han demostrado que tener experiencia previa con las herramientas de RE no supuso ninguna ventaja para los participantes con respecto a los que no tenían experiencia con las herramientas. Es importante señalar que la falta de conocimiento o familiaridad de los alumnos con estas herramientas podría ser un obstáculo potencial para un aprendizaje eficaz a través de la RE. Esta observación subraya la necesidad de programas de formación exhaustivos que no sólo incorporen herramientas de RE, sino que también proporcionen orientación y guía adecuadas a los usuarios.

Además, los participantes señalaron la importancia de un entorno de formación bien organizado, destacando la necesidad de espacio suficiente para acomodar el movimiento y la marcha durante las sesiones de RE. El incumplimiento de estas condiciones puede repercutir negativamente en la eficacia de la formación basada en la RE. Abordar estas consideraciones resulta fundamental

para optimizar la aplicación de las herramientas de RE, garantizando que se maximizan sus beneficios al tiempo que se mitigan los posibles desafíos.

No sólo los alumnos están satisfechos con el uso de las herramientas RE en la formación práctica, sino también los formadores. Los formadores elogian la interactividad, seguridad y eficacia de los materiales RE para captar la atención de los alumnos. Destacan la importante ventaja de que los alumnos adquieran información fundamental y conocimientos prácticos antes de trabajar con la maquinaria real, lo que les proporciona una valiosa experiencia preparatoria. Los formadores también destacan la posibilidad de que los alumnos repitan los ejercicios cuando lo necesiten para consolidar sus conocimientos y habilidades. Estas ventajas colectivas se consideran oportunidades increíbles para mejorar el proceso global de formación. A medida que exploramos las perspectivas tanto de los alumnos como de los formadores, se hace evidente que la integración de las herramientas RE no sólo satisface a los alumnos, sino que también contribuye a la eficacia y eficiencia del entorno de formación.

Los participantes en las mesas redondas virtuales nacionales aportaron valiosas ideas sobre el uso de las herramientas de RE en la formación AM, contribuyendo significativamente a nuestra comprensión. En particular, la mayoría de los participantes respaldaron las conclusiones derivadas de los resultados de la prueba piloto, destacando las herramientas de RE como activos innovadores y potentes para impartir formación.

Además, los participantes señalaron varias ventajas asociadas a las herramientas de RE, entre ellas los aspectos cruciales de una mayor seguridad, una mayor autonomía de aprendizaje y una notable reducción del coste global de la formación. Esta afirmación de los beneficios subraya el potencial impacto transformador de las tecnologías RE en las metodologías de formación. Y lo que es más importante, los participantes también expresaron una perspectiva de futuro, prediciendo que la adopción generalizada de las tecnologías RE conducirá a un aumento de las oportunidades de formación y del acceso a estos materiales de formación.

7. Conclusión

En conclusión, los resultados de la formación práctica piloto sugieren que la aplicación del método RE en la formación práctica de operarios de máquinas PBF-LB es una opción viable. Este método podría integrarse en la formación, bien realizando tareas complejas y arriesgadas exclusivamente mediante RE, bien proporcionando a los alumnos información esencial antes de

que se enfrenten a la máquina real. De este modo, se evitarían accidentes y lesiones, y los formadores podrían dedicar menos tiempo a transmitir información básica.

Sin embargo, es esencial que los proveedores de formación se aseguren de que los alumnos poseen los conocimientos necesarios para utilizar la tecnología RE. Para ello, los proveedores pueden ofrecer directrices, instrucciones o demostraciones para familiarizar a los alumnos con la tecnología. Este enfoque proactivo garantiza que los alumnos estén bien preparados y dominen el uso de las herramientas RE antes de participar en las sesiones de formación práctica.

Teniendo en cuenta las conclusiones de los estudios piloto, a continuación se enumeran algunas recomendaciones;

- Desarrollar herramientas RE de excelente calidad y alta resolución.
- Familiarice a los alumnos con el uso, la navegación y el control de la herramienta RE antes de la formación.
- Garantizar un espacio suficiente para las actividades de formación inmersiva en RE.
- Integrar y utilizar métodos RE antes de empezar con la formación práctica para mejorar la progresión del aprendizaje.
- Utilizar métodos RE para la formación en entornos o escenarios de alto riesgo.

Estos valiosos resultados de la prueba piloto en AREOLA pueden ser de gran utilidad para los proveedores de EFP u otras instituciones que imparten EFP, como la educación superior, para integrar las herramientas RE en la formación práctica siguiendo las recomendaciones del informe. Estos resultados también se utilizarán para revisar la directriz de aprendizaje combinado existente (IAB-95) en el entregable 5 del proyecto, a saber, "Directriz de aprendizaje mixto para su aplicación".

8. Referencias

1. Interaction Design Foundation. (Year) 'Extended Reality (XR)'. Available at: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/extended-reality-xr>
2. Pomerantz, J. (2019) 'XR for teaching and learning: Year 2 of the EDUCAUSE/HP campus of the future project (ECAR Research Report)'. EDUCAUSE. Available at: <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2019/10/2019hpxr.pdf?la=en&hash=306474918AA2F101DDDCABD59E4366AD7244D572>
3. Golubenko, S. (2019). *Pros and Cons of Using XR Tech in Employee Training*. Available at: <https://www.td.org/insights/pros-and-cons-of-using-xr-tech-in-employee-training>. (Accessed: 21 October 2023).
4. Infopulse. (2022). *The Place of Extended Reality in Digital Transformation Strategy for Manufacturing: Use Cases and Benefits*. Available at: <https://www.infopulse.com/blog/xr-manufacturing-digital-strategy>. (Accessed: 21 October 2023).
5. Raizada, A. (n.d). *Benefits of Extended Reality Technology for Manufacturing*. Available at: <https://copperdigital.com/blog/extended-reality-utilization-in-manufacturing-sector/> (Accessed: 21 October 2023)
6. Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H. and Makedon, F. (2020). A Review of Extended Reality (XR) Technologies for Manufacturing Training. *Technologies*, 8(4), p.77. doi:<https://doi.org/10.3390/technologies8040077>.
7. Fransson, G., Holmberg, J. and Westelius, C. (2020). The challenges of using head mounted virtual reality in K-12 schools from a teacher perspective. *Education and Information Technologies*, 25(4), pp.3383–3404. doi:<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10119-1>.
8. Chao, C.-J., Wu, S.-Y., Yau, Y.-J., Feng, W.-Y. and Tseng, F.-Y. (2017). Effects of three-dimensional virtual reality and traditional training methods on mental workload and training performance. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 27(4), pp.187–196. doi:<https://doi.org/10.1002/hfm.20702>.
9. Brandon Antonio Cárdenas-Sainz, María Lucía Barrón-Estrada, Ramón Zatarain-Cabada and Maria Elena Chavez-Echeagaray (2023). Evaluation of eXtended reality (XR) technology on motivation for learning physics among students in mexican schools. 3, pp.100036–100036. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100036>.



Co-funded by
the European Union

10. De Lorenzis, F., Praticò, F.G., Repetto, M., Pons, E. and Lamberti, F. (2023). Immersive Virtual Reality for procedural training: Comparing traditional and learning by teaching approaches. *Computers in Industry*, 144, p.103785. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103785>.

11. Schreer, O.; Pelivan, I.; Schäfer, R.; Sabbah, Y.; Royan, J.; Deschanel, M.; Verly, J.; Gallez, A.; Grain, S.; Gérard, A.; et al. XR4all: Moving The European XR Tech Industry Forward: Final Research Agenda 2020. Available online: https://xr4all.eu/wp-content/uploads/xr4all_finalresearchagenda_2020_public.pdf (accessed on 26 October 2022).