



# Universidad Europea

## FACULTAD DE ENFERMERÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN URGENCIAS,  
EMERGENCIAS Y CRÍTICOS EN ENFERMERÍA

# “LA REALIDAD VIRTUAL: UNA NUEVA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO SANITARIO EN CATÁSTROFES Y EMERGENCIAS”

*HELENA RODRIGUEZ NAVARRO*

*Tutora | MERITXELL LEAL FERRANDIS*

*Valencia, 2022-2023*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Resumen</i> .....	
<i>Abstract</i> .....	
<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1. Conceptos básicos .....	1
1.2. Enfoque epidemiológico.....	2
1.3. Definición del problema .....	3
1.4. Realidad virtual como herramienta de entrenamiento.....	5
1.5. Justificación .....	7
<b>2. Hipótesis y objetivos</b> .....	<b>8</b>
2.1. Hipótesis.....	8
2.2. Objetivos .....	8
2.2.1. Objetivo principal.....	8
2.2.2. Objetivos específicos.....	8
<b>3. Material y métodos</b> .....	<b>9</b>
3.1. Cronograma.....	9
3.2. Diseño de estudio .....	9
3.3. Formulación de la pregunta de estudio .....	10
3.4. Criterios de elegibilidad.....	11
3.5. Estrategia de búsqueda .....	11
3.5.1. Estrategia de búsqueda Biblioteca Crai José Planas .....	12
3.5.2. Estrategia de búsqueda Cochrane Central Register of Controlled Trial.....	13
3.5.3. Estrategia de búsqueda por Inteligencia artificial.....	13
3.6. Evaluación de la calidad metodológica de los artículos .....	15
<b>4. Resultados</b> .....	<b>18</b>
4.1. Diagrama de flujo de la selección de artículo para la revisión .....	18
4.2. Características de los estudios incluidos .....	19
<b>5. Discusión</b> .....	<b>24</b>
5.1. Evaluar la efectividad de la realidad virtual como herramienta de entrenamiento para el personal sanitario en situaciones de catástrofe y emergencia. ....	24
5.2. Identificar las ventajas y limitaciones de la realidad virtual en comparación con métodos de entrenamiento convencionales.....	25
5.3. Analizar la aceptabilidad y la percepción de los profesionales hacia el uso de la realidad virtual como herramienta de entrenamiento. ....	26

5.4.	Limitaciones.....	27
5.5.	Futuras líneas de investigación .....	27
6.	<i>Conclusiones</i> .....	29
7.	<i>Bibliografía</i> .....	30
<i>ANEXO 1. Capturas de pantalla sobre las diferentes ecuaciones de búsqueda. .</i>		<i>34</i>

## **Resumen**

### **Introducción**

Los profesionales sanitarios son la primera línea de defensa ante emergencias y catástrofes con el objetivo de brindar una atención de calidad y salvar el mayor número de vidas posibles. Por ello, es fundamental que tengan la capacidad de respuesta adecuada, ya que estas situaciones son determinantes para la salud general de la sociedad. La realidad virtual ha sido utilizada en muchos ámbitos de la medicina, demostrando ser efectiva, por lo que es interesante su estudio en medicina de emergencias.

### **Objetivos**

El objetivo principal del estudio fue determinar si el uso de la realidad virtual (RV) mejora el aprendizaje del personal sanitario ante una catástrofe o emergencia.

### **Metodología**

Se realizó una revisión sistemática a través de diferentes bases de datos de estudios sobre la realidad virtual aplicada al entrenamiento de personal sanitario ante catástrofes y emergencias.

### **Resultados**

Se analizaron 12 artículos para la confección de esta revisión sistemática. Estos artículos muestran que la RV es una herramienta efectiva y bien valorada por los profesionales para el entrenamiento ante catástrofes y emergencias.

### **Conclusiones**

La RV es una herramienta efectiva en el entrenamiento del personal sanitario ante catástrofes y emergencias. Obteniendo resultados similares al entrenamiento tradicional. Es bien recibida por la mayoría de los profesionales siendo una herramienta con un gran potencial para la mejora del entrenamiento de personal sanitario. Aun así, son necesarias más investigaciones para poder mejorar la herramienta de realidad virtual.

### **Palabras clave**

Realidad virtual, entrenamiento, emergencias, desastres, personal sanitario, accidente múltiples víctimas y preparación ante desastres

## **Abstract**

### **Introduction**

Health professionals are the first line of defense in emergencies and disasters with the aim of providing quality care and saving as many lives as possible. Therefore, it is essential that they have the appropriate response capacity since these situations are decisive for the general health of society. Virtual reality has been used in many areas of medicine, demonstrating its effectiveness, so its study in emergency medicine is interesting.

### **Objectives**

The main objective of the study was to determine whether the use of virtual reality (VR) improves the learning of healthcare personnel in the face of a disaster or emergency.

### **Methodology**

The following systematic review was conducted through different databases of studies on virtual reality applied to the training of health personnel in disasters and emergencies.

### **Results**

12 articles were analyzed for the preparation of this systematic review. These articles show that VR is an effective and well-valued tool by professionals for training in disasters and emergencies.

### **Conclusions**

VR is an effective tool in training healthcare personnel for disasters and emergencies, yielding similar results to traditional training. It is well-received by the majority of professionals and holds great potential for improving healthcare personnel training. However, further research is needed to enhance the virtual reality tool.

### **Keywords**

Virtual reality, simulation training, emergencies, disasters, health personnel, mass casualty incidents and disaster preparedness.

## Índice de tablas

TABLA 1. CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	9
TABLA 2. DESCRIPTORES DESC/MESH .....	11
TABLA 3. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA BIBLIOTECA CRAI JOSÉ PLANAS.....	12
TABLA 4. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA BIBLIOTECA CRAI JOSÉ PLANAS.....	13
TABLA 5. SIGNIFICADO DE LOS 4 NIVELES DE EVIDENCIA. EXTRAÍDO DE GRADE <sup>27</sup> : CLASIFICACIÓN DE LA FUERZA DE LA EVIDENCIA Y GRADUACIÓN RECOMENDACIÓN.....	15
TABLA 6 . ÍTEMS QUE AUMENTAN O DISMINUYEN LA CALIDAD DE LA EVIDENCIA. FUENTE MODIFICADA GRADE <sup>27</sup> .....	15
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE EVIDENCIA SEGÚN EL SISTEMA GRADE <sup>27</sup> : CLASIFICACIÓN DE LA EVIDENCIA FUERZA DE LA EVIDENCIA Y GRADUACIÓN RECOMENDADA.....	16
TABLA 8. CLASIFICACIÓN. DE ARTÍCULOS REVISADOS SEGÚN EL GRADO DE EVIDENCIA DE LA ESCALA GRADE.....	17
TABLA 9. RESULTADOS DE CONTENIDO. ELABORACIÓN PROPIA.....	21

## Índice de figuras

FIGURA 1. NÚMERO DE DESASTRES POR CONTINENTE 2022 Y TOP 10 PAÍSES AFECTADOS. EXTRAÍDO DE: CLIMATE IN ACTION 387 <sup>5</sup>	2
FIGURA 2. PROPORCIÓN DE MUERTES POR CONTINENTE EN 2022. EXTRAÍDO DE: CLIMATE IN ACTION 387	3
FIGURA 3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL ACRÓNIMO PICO. ELABORACIÓN PROPIA.	10
FIGURA 4. ADAPTACIÓN AL CASTELLANO DEL FLUJO DE TRABAJO DE REVISIÓN DE LA LITERATURA IMPLANTADO EN ELICIT. (IMAGEN) EXTRAÍDO DE: <a href="https://elicit.org/faq#how-is-elicit-built">HTTPS://ELICIT.ORG/FAQ#HOW-IS-ELICIT-BUILT</a>	13
FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO DE BÚSQUEDA DE LA LITERATURA CIENTÍFICA. ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DIAGRAMA PRISMA.	18
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE LOS ARTÍCULOS SEGÚN TIPO DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA.	19
FIGURA 7.. DISTRIBUCIÓN DE LOS ARTÍCULOS POR AÑO. ELABORACIÓN PROPIA.	19
FIGURA 8. NÚMERO DE ARTÍCULOS SEGÚN CALIDAD DE LA EVIDENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.	20

## Listado de siglas

-3D: tres dimensiones

-AMV. Accidentes múltiples víctimas

-CRDE: centro de investigación sobre epidemiología en desastres

-IA: inteligencia artificial

-RV: realidad virtual

-SRV: simulación realidad virtual

## 1. Introducción

En el siguiente apartado se explora el uso de la realidad virtual (RV) para entrenar al personal sanitario ante emergencias y catástrofes. Revisaremos los conceptos básicos, la situación actual, el problema a estudio y la justificación del trabajo.

### 1.1. Conceptos básicos

Según el Manual de Asistencia Sanitaria en Accidentes de Múltiple Víctimas (AMV) <sup>1</sup> existen tres conceptos básicos que debemos conocer:

“Catástrofe: Acontecimiento inesperado e infrecuente que sobreviene rápida y bruscamente, que aflige a la colectividad humana y que induce importantes destrozos tanto desde el punto de vista humano como material. Provoca una desproporción entre las necesidades y los medios de auxilio disponibles durante un largo periodo de tiempo y además, para su resolución precisa de procedimientos no entrenados y habitualmente desconocidos por los servicios de emergencias.”

“Emergencia: Es la situación determinada por la agresión a un individuo de algún factor, que le causa pérdida de la salud de forma brusca y violenta, con afectación cierta o potencial de algún órgano vital, y que de no ser asistido de forma inmediata pone en grave riesgo su vida. Su resolución por un servicio de emergencias se realiza mediante la aplicación de procedimientos conocidos y entrenados, y con recursos adecuados a la demanda.”

“Urgencia: Es la necesidad de recibir asistencia sanitaria inmediata sin especificar si la misma compromete o no la vida del sujeto, es una sensación sentida por el paciente. “

“Accidente de múltiples víctimas (AMV): Es aquel en el que se produce un elevado número de víctimas, sin desbordar la capacidad asistencial de la zona, pero que la somete a prueba durante un corto periodo de tiempo. Su resolución obliga a emplear unos procedimientos poco habituales (clasificación de víctimas, sectorización, etc.) y con recursos que serán inadecuados a la demanda de forma temporal.”

## 1.2. Enfoque epidemiológico

La epidemiología es una herramienta útil para el seguimiento y el control de la morbimortalidad de los desastres. La mayor utilidad se sitúa en la etapa de respuesta, evaluando los daños junto a la información de la morbilidad y los factores de riesgo para la salud en la comunidad pudiendo así establecer prioridades de apoyo a la población afectada.<sup>2</sup> Los desastres naturales están directamente relacionados con el cambio climático. El aumento de las temperaturas globales y los fenómenos meteorológicos extremos aumentan la frecuencia y la gravedad de estos desastres.<sup>3</sup> Por lo que es importante abordar la acción climática global para reducir los riesgos asociados con los desastres y proteger así a las comunidades y ecosistemas de los impactos del cambio climático.<sup>4</sup>

El último reporte de CRDE (centro de investigación sobre epidemiología en desastres), informa que, en 2022, se registraron 387 peligros naturales y desastres en todo el mundo (Figura 1), lo que resultó en una pérdida de 30,704 vidas (Figura 2) y afectó indirectamente a 185 millones de personas<sup>5</sup>. Según el CRDE<sup>5</sup> el país más afectado por desastres naturales es Asia, seguido de América del Sur, África y América del norte. Las inundaciones y tormentas son la principal causa de estos desastres, seguidas de terremotos y temperaturas extremas.

Figura 1. Número de desastres por continente 2022 y top 10 países afectados. Extraído de: Climate in action 387<sup>5</sup>

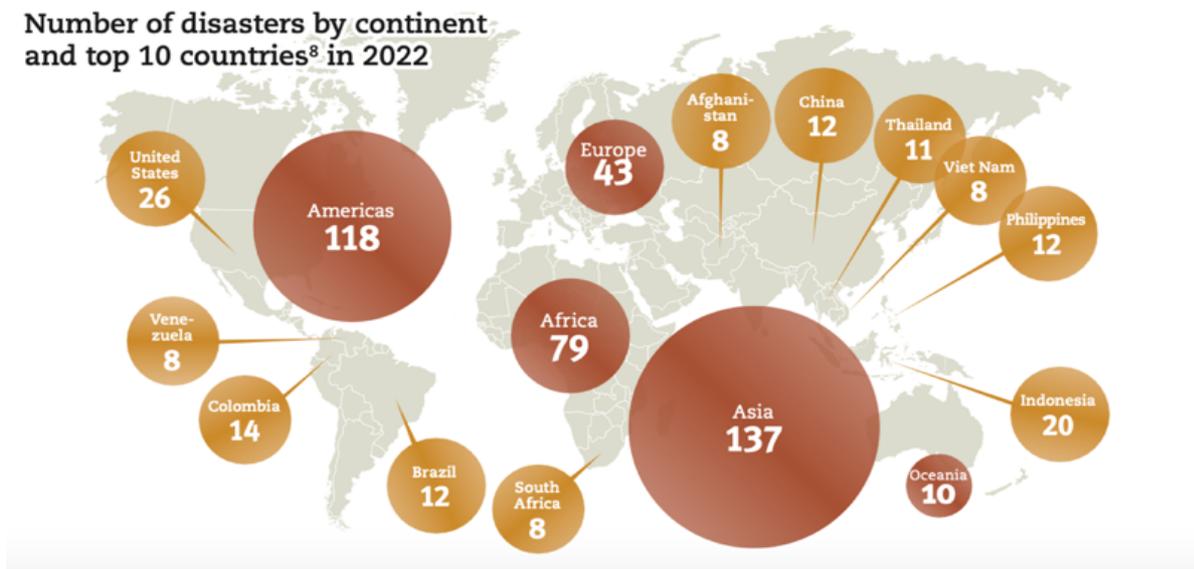
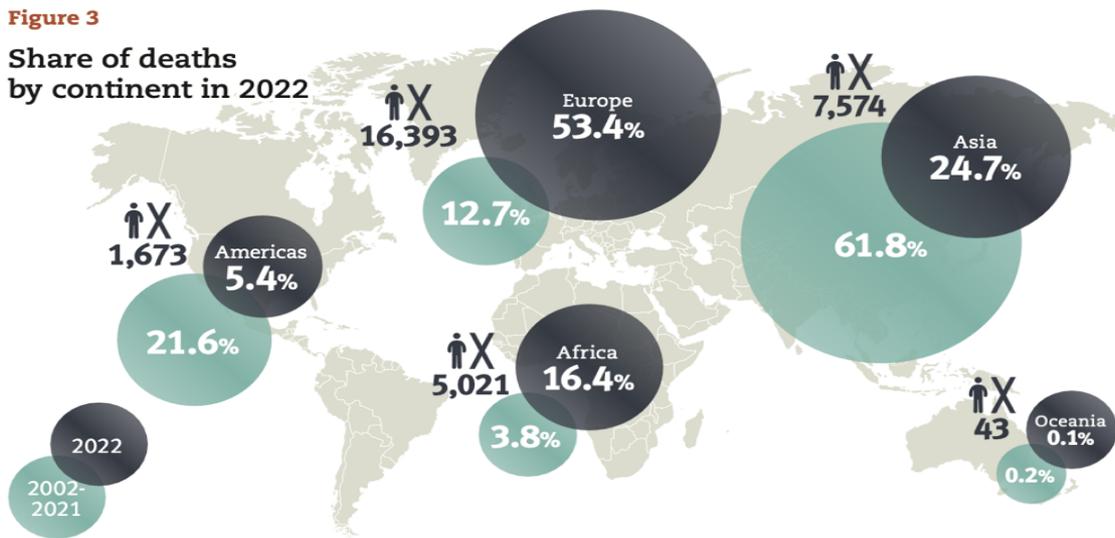


Figura 2. Proporción de muertes por continente en 2022. Extraído de: Climate in action 387 <sup>5</sup>

**Figure 3**

**Share of deaths  
by continent in 2022**



### 1.3. Definición del problema

Los desastres son eventos catastróficos que tienen un impacto devastador en la sociedad, el medioambiente y la infraestructura. Estos eventos pueden ser naturales o causados por el hombre e incluyen fenómenos como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, accidentes industriales y conflictos armados, entre otros.<sup>2</sup> La preparación ante desastres permite una respuesta temprana y eficiente, que ayuda a salvar vidas, reducir el sufrimiento y anticipar o disminuir el alcance de las necesidades. Por ello, la formación y entrenamiento en catástrofes es considerada una de las cuatro fases clave de un desastre.<sup>4,6</sup> Tan importante como la respuesta de los servicios sanitarios es la prevención y gestión de riesgos, con una planificación adecuada, una respuesta orientada, y una coordinación multinivel y multidisciplinaria entre las partes involucradas. En cuanto a la prevención, es fundamental tener en cuenta la vulnerabilidad de las poblaciones y la calidad de las medidas de prevención.<sup>7,8</sup>

Los profesionales de la salud forman la primera línea de defensa en emergencias y catástrofes con el objetivo de prestar una atención de calidad mientras se salvan el mayor número de vidas humanas posibles. Por ello, es fundamental que estos

profesionales tengan dicha capacidad de respuesta, puesto que estas situaciones son determinantes para la salud general de la sociedad.<sup>9</sup> Se ha comprobado que un gran número de profesionales que trabajan como sanitarios en situaciones de emergencias no reciben formación, capacitación o entrenamiento específico para intervenir en catástrofes. Como resultado, estos equipos a menudo se enfrentan a situaciones potencialmente estresantes, lo que puede generar una sobrecarga psicológica significativa, por lo tanto, es importante que los profesionales se preparen adecuadamente para hacer frente a las mismas. Se ha comprobado que la mayoría de los profesionales que trabajan como sanitarios en situaciones de emergencia no reciben formación, capacitación o entrenamiento específico para intervenir en catástrofes. Como resultado, estos equipos a menudo se enfrentan a situaciones potencialmente estresantes, lo que puede generar una sobrecarga psicológica significativa para los profesionales involucrados. Por lo tanto, es importante que los profesionales se preparen adecuadamente para hacer frente a estas circunstancias.<sup>10</sup>

Una formación eficaz implica la ejecución sistemática y orientada a objetivos para conseguir un aumento de competencias y habilidades específicas. A pesar de la necesidad de preparar adecuadamente al personal sanitario, no existe una visión sistematizada y actualizada de los métodos de formación.<sup>11</sup> El entrenamiento tradicional se basa en simulacros con actores y voluntarios, presentando inconvenientes entre los que destacan: el coste y la complejidad de la logística de cada simulación y, la falta de homogeneidad de cada simulacro. Por otro lado, la RV permite obtener un entorno de simulación más realista, además de que se reduce el coste económico, gracias a un dispositivo en forma de gafas que permite la reutilización del material y garantiza la homogeneidad entre los sujetos que reciben la formación. Al utilizar el mismo dispositivo en todos los entrenamientos, se garantiza una homogeneidad en la capacitación de los individuos, asegurando que todos tengan la misma experiencia.<sup>11,12</sup>

Por este motivo, a continuación, se detalla el uso de la RV como herramienta de entrenamiento y sus aplicaciones a la formación de profesionales

#### 1.4. Realidad virtual como herramienta de entrenamiento

A pesar de que no existe una definición universal de RV, puede entenderse como una simulación de la realidad mediante elementos multimedia que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en ella, pudiendo replicarse un entorno real o imaginario. La RV puede ser de dos tipos, inversiva y no inversiva.

- Realidad virtual no inversiva: se emplea un ordenador, sin necesidad de la utilización de dispositivos interactivos adicionales, como pueden ser las gafas. En este modo se manipula un ordenador que genera un escenario en tres dimensiones (3D) y navegando con ratón y teclado. Como ejemplo servirían los videojuegos o películas en 3D
- Realidad virtual inversiva: necesita soportes que aislen al usuario completamente del mundo real, creando una inmersión completa dentro de un ambiente artificial. Estos dispositivos pueden ser gafas o cascos de RV, añadiendo guantes o trajes especiales para aumentar la sensación de inmersión.

La RV no modifica la realidad, sino que crea una realidad completamente nueva. A través de la programación informática, se generan mundos y entornos virtuales que suponen una representación alternativa de la realidad y con la que es posible la interacción.<sup>13</sup>

La RV permite recrear ambientes para que un sujeto pueda interactuar y vivir la experiencia como si fuera un entorno verdadero.<sup>14</sup> Esta herramienta puede estar basada en la pantalla utilizando monitores de ordenador o experimentarse de manera inmersiva; a través de gafas o habitaciones equipadas con pantallas o proyecciones (sistema CAVE).<sup>6</sup> La RV es un escenario proyectado, generado por un ordenador en el que la persona tiene la sensación de inmersión. El escenario se puede generar a través de un visualizador, gafas o casco de RV, las imágenes proyectadas se consiguen al grabar previamente con dos cámaras a diferente distancia, así cada una de las grabaciones se dirigen a un ojo. La sensación de realismo puede aumentarse añadiendo otros dispositivos como guantes o sensores que transmiten los movimientos a la imagen virtual, permitiendo la sensación de contacto.<sup>15</sup>

Es conveniente definir los tres pilares fundamentales que sustentan la RV: simulación, interacción y percepción.<sup>16</sup> La simulación implica que el sistema sea capaz de replicar la realidad y hacer que el sujeto sienta un escenario real. La interacción implica el control sobre el sistema creado ya que los cambios son producidos por el usuario, no por el mundo virtual. Finalmente, la percepción consiste en la capacidad del sistema de estimular los sentidos del usuario de modo que sea capaz de sentir que está inmerso.<sup>14,16</sup>

Del mismo modo, se pueden considerar las ventajas en el ámbito educativo, los sistemas de RV constituyen una herramienta didáctica con gran potencial. A diferencia de la enseñanza tradicional, los sistemas de RV ofrecen un entorno tridimensional (3D) interactivo y muy cercano a la realidad.<sup>17</sup> Los entornos virtuales se utilizan para capacitar a los usuarios a realizar tareas y procedimientos del mundo real.<sup>18</sup> A través de la simulación eliminamos el riesgo de romper/utilizar material sanitario, que en general tiene un precio elevado, también olvidamos tener que adaptar los espacios y se pueden realizar cambios instantáneos en el escenario. Además, al tratarse de un sistema portátil es posible realizar las pruebas o el entrenamiento desde cualquier lugar.<sup>19</sup>

Para contextualizar la situación, los inicios de la RV en el mundo sanitario se remontan a la década de 1990, pero su adopción e implementación ha ido en aumento en los últimos años debido a los avances tecnológicos y la necesidad de mejorar la formación y atención médica.<sup>20</sup> La realidad virtual ha sido utilizada en diversas áreas de la medicina, como la telemedicina, la seguridad y, la salud laboral y la capacitación en habilidades técnicas y no técnicas.<sup>21,22</sup> En el campo de la cirugía, se han desarrollado simuladores de entrenamiento basado en RV para aprender y practicar procedimientos quirúrgicos complejos, permitiendo mejorar sus habilidades y reducir los riesgos con pacientes reales.<sup>22</sup> La RV se ha aplicado también como método de enseñanza en la reanimación cardiopulmonar con un importante impacto en dicha formación.<sup>23</sup> La simulación de realidad virtual (SRV) apoya el aprendizaje convencional y muestra un gran potencial para su uso como método fiable de aprendizaje.<sup>24</sup>

### **1.5. Justificación**

El objetivo principal del presente trabajo es determinar si el uso de la RV es una buena herramienta de entrenamiento para el personal sanitario que debe actuar ante situaciones de desastre y emergencia. A su vez, se pretende evaluar su efectividad como herramienta de entrenamiento, identificar las ventajas y limitaciones en comparación con los métodos de entrenamiento convencionales y, analizar la aceptabilidad y la percepción de los profesionales ante esta herramienta.

Es imprescindible que los intervinientes en desastres y emergencias entrenen con frecuencia su actuación, ya que los resultados dependen directamente de la correcta actuación y el abordaje. Las actuaciones sanitarias siempre son susceptibles a mejora, a pesar de que los resultados sean buenos, ante un evento crítico se busca la excelencia y por ello, es esencial que el personal entrene en un entorno lo más real posible.<sup>15</sup>La RV tiene una gran utilidad para reproducir escenarios, sobre todo en situaciones de baja incidencia y complejos psicológicamente, por lo que resulta un método atractivo para el entrenamiento profesional. <sup>15</sup>Al igual que la ciencia y la tecnología avanzan, la educación y formación de profesionales debe adaptarse a las nuevas necesidades y expectativas de la sociedad.

En resumen, se justifica la necesidad de evaluar la RV como herramienta de formación y entrenamiento de los profesionales sanitarios. Se pretende abordar la investigación existente y obtener conclusiones sobre la eficacia y la relevancia de esta herramienta en el contexto de la formación ante de desastres.

## **2. Hipótesis y objetivos**

### **2.1. Hipótesis**

La realidad virtual se podría establecer como una herramienta efectiva y útil para el personal sanitario en el contexto del entrenamiento ante situaciones de catástrofes y emergencias, y más eficaz en comparación con las técnicas de convencionales de preparación.

### **2.2. Objetivos**

#### **2.2.1. Objetivo principal**

El objetivo principal del presente trabajo es analizar la herramienta de la realidad virtual en el entrenamiento sanitario ante una catástrofe o emergencia y su impacto en el aprendizaje del personal sanitario.

#### **2.2.2. Objetivos específicos**

A continuación, se detallan los objetivos específicos, que son los fines que se pretenden alcanzar en este proceso de investigación:

- Evaluar la validez de la realidad virtual como herramienta de entrenamiento para el personal sanitario en situaciones de catástrofe y emergencia.
- Identificar las ventajas y limitaciones de la realidad virtual en comparación con métodos de entrenamiento convencionales.
- Examinar la aceptabilidad y la percepción de los profesionales hacia el uso de la realidad virtual como herramienta de entrenamiento.

### 3. Material y métodos

#### 3.1. Cronograma

A continuación, se muestra una tabla con las actividades realizadas y los plazos de entrega.

Tabla 1. Cronograma de las actividades. Elaboración propia.

FECHA	ACTIVIDAD
Octubre -noviembre 2022	Propuesta TFM
Diciembre 2022- enero 2023	Objetivos e hipótesis
Febrero-mayo 2023	Resultados y conclusiones
Junio 2023	Borrador TFM y depósito
Julio 2023	Defensa TFM

#### 3.2. Diseño de estudio

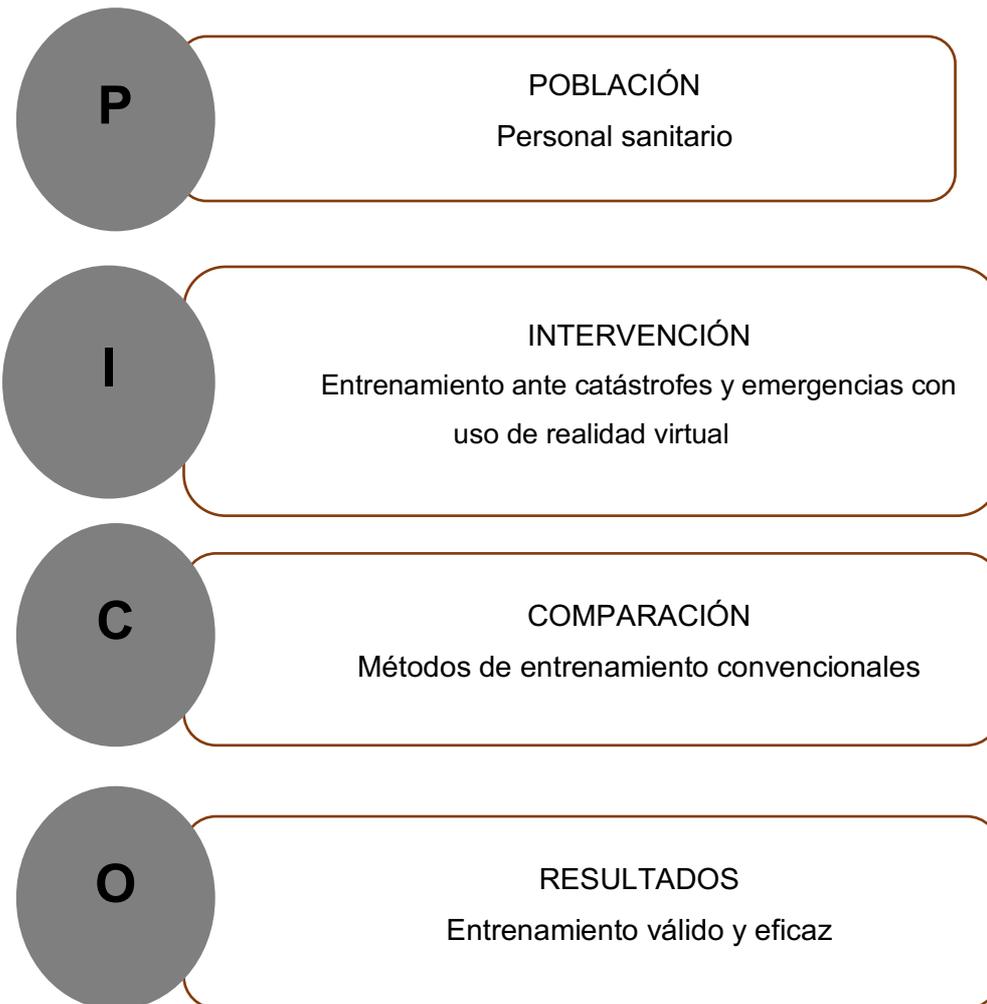
El diseño de este estudio es una revisión sistemática de la literatura científica publicada en materia de entrenamiento de personal sanitario ante emergencias, catástrofes y accidentes de múltiples víctimas utilizando realidad virtual. Para su elaboración, se han seguido las directrices de la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis).<sup>25</sup>

Las fuentes de información consultadas fueron bases de datos electrónicas, así como otras fuentes avanzadas de obtención de artículos científicos, como el asistente de investigación IA: Elicit<sup>26</sup> utilizando como filtros los mencionados previamente en criterios de inclusión.

### 3.3. Formulación de la pregunta de estudio

Para la formulación de la pregunta de investigación se utilizó el acrónimo PICO, que nos ayuda a formular una pregunta clínica dirigida y a la búsqueda precisa de información.

Figura 3. Pregunta de investigación a través del acrónimo PICO. Elaboración propia.



Como resultado obtenemos la siguiente pregunta de investigación: ¿Resultará el uso de la realidad virtual en el contexto de entrenamiento entre el personal sanitario para catástrofes y emergencias una herramienta válida, y, en comparación con los métodos de entrenamiento convencionales, más eficaz?

### 3.4. Criterios de elegibilidad

Para acotar y reducir el contenido de la búsqueda se aplicaron una serie de criterios de inclusión y exclusión a los estudios seleccionados.

#### Criterios de inclusión

- Tipos de artículos: ensayos clínicos aleatorizados, ensayos clínicos no controlados
- Estudios en los que se valora la utilidad de la realidad virtual en la formación del personal sanitario.
- Idiomas en español o inglés
- Publicaciones de los últimos 15 años

#### Criterios de exclusión

- Artículos duplicados.
- Estudios que no se relacionan directamente con la pregunta de investigación.
- Artículos con falta de rigor científico o falta de una descripción clara de la metodología utilizada.

### 3.5. Estrategia de búsqueda

Para optimizar la búsqueda se establecieron una serie de palabras claves extraídas de MeSH y DECS, además, los marcadores booleanos “AND” y “OR” para establecer la fórmula de búsqueda. Se consultaron de manera simultánea las bases de datos Academic Search Ultimate, CINHALL y Medline a través de la Biblioteca Crai Jose Planas. También se consultó la base de datos Cochrane Central Register of Controlled Trial (CENTRAL).

Tabla 2. Descriptores DeSCS/MeSH

DeCS	MeSH
Incidentes con Víctimas en masa	Mass casualty incident
Urgencias Médicas	Emergencies
Desastres	Disasters
Entrenamiento Simulado	Simulation training
Preparación ante Desastres	Disaster Preparedness
Realidad Virtual	Virtual reality

En las búsquedas realizadas en las bases de datos mencionadas anteriormente no se llegaron a encontrar el número de artículos deseados para el estudio por lo que se realizó una búsqueda en Elicit <sup>26</sup>, un asistente de investigación de IA que muestra los artículos relevantes a partir de la pregunta de investigación, además de un resumen e información relevante sobre el documento.

### 3.5.1. Estrategia de búsqueda Biblioteca Crai José Planas

La búsqueda se realizó a través de la Biblioteca Crai José Planas de la Universidad Europea de Valencia, donde se permite la selección de múltiples bases de datos, en este caso las consultadas de manera simultánea fueron Academic Search Ultimate, CINAHL with Full Text y MEDLINE Complete. Se realizaron tres ecuaciones de búsqueda diferentes y se llegó a total de 27 artículos encontrados, de los cuales 5 fueron usados finalmente para el estudio. En la siguiente tabla se muestra el proceso de selección.

Tabla 3. Estrategia de búsqueda Biblioteca Crai José Planas

Estrategia de búsqueda	Resultados	Artículos tras lectura título y abstract	Artículos tras la lectura de texto completo	Artículos tras la eliminación de duplicados
(mass casualty incident or mass casualty) AND (emergencies and disasters) AND (simulation training or simulation education) AND virtual reality	8	6	4	5
(mass casualty incident or mass casualty event or mci ) AND ( emergencies and disasters ) AND disaster preparedness AND virtual reality	3	3	2	
mass casualty incident AND (emergencies or emergency) AND disaster AND virtual reality	16	6	3	
Total	27	15	4	

En el [Anexo 1](#) se adjuntan captura de pantalla sobre la ecuación de búsqueda que se llevó a cabo en esta búsqueda simultánea.

### 3.5.2. Estrategia de búsqueda Cochrane Central Register of Controlled Trial

La búsqueda fue similar a la anterior utilizando los marcadores booleanos “AND” Y “OR” en la ecuación de búsqueda detallada en la tabla 4 Se obtuvieron un total de 42 artículos de los cuales 24 fueron descartados tras la lectura de título y abstract, otros 11 tras la lectura del texto completo y 2 estaban duplicados. Se seleccionaron un total de 5 artículos para el estudio. Se realizaron otras búsquedas con ecuaciones de búsqueda distintas, pero no se obtuvieron resultados o los obtenidos resultaron duplicados.

Tabla 4. Estrategia de búsqueda Biblioteca Crai José Planas

Estrategia de búsqueda	Resultados	Artículos tras lectura título y abstract	Artículos tras la lectura de texto completo	Artículos tras la eliminación de duplicados
(mass casualty incident):ti,ab,kw AND (emergencies):ti,ab,kw OR (disasters):ti,ab,kw AND (simulation training):ti,ab,kw AND (virtual reality):ti,ab,kw	42	24	11	3

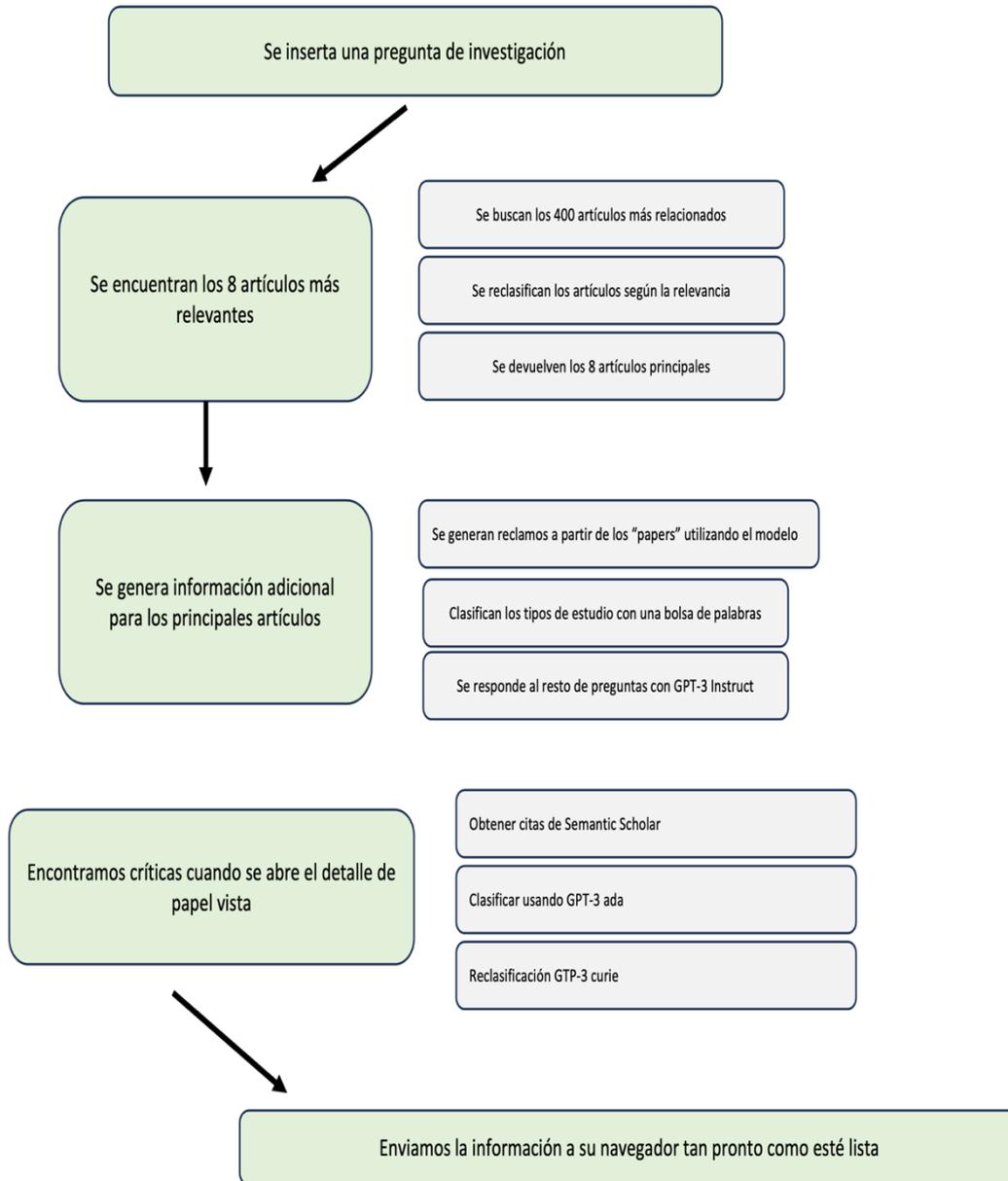
En el [Anexo 1](#) se adjuntan captura de pantalla sobre la ecuación de búsqueda que se llevó a cabo en esta búsqueda simultánea.

### 3.5.3. Estrategia de búsqueda por Inteligencia artificial

Elicit <sup>26</sup> es todavía un producto en fase inicial con actualizaciones y mejoras diarias creado por un laboratorio de investigación de aprendizaje localizado en San Francisco.

Elicit es un asistente de investigación que utiliza modelos de lenguaje para automatizar los flujos de trabajo de los investigadores. Elicit encuentra documentos relevantes a través de una pregunta arrojando documentos y resúmenes presentado en una tabla fácil de usar. Permite filtrar por años, tipo de artículos y demás opciones, además de la extracción de información clave como los resultados, intervenciones, tamaño de la muestra... todo presentando en una tabla donde también permite comparar diferentes artículos.

Figura 4. Adaptación al castellano del flujo de trabajo de revisión de la literatura implantado en Elicit. (Imagen) Extraído de la página web de Elicit <sup>26</sup>



Al tratarse sobre una herramienta nueva, debemos ser conscientes de las limitaciones que existen. Elicit<sup>26</sup> utiliza modelos de lenguaje existentes desde 2019 y aunque son útiles todavía están en fase de maduración, se ha progresado mucho, pero esta inteligencia puede cometer errores al interpretar ciertos matices o malinterpretar números. Se debe considerar que la precisión de la búsqueda es de 80-90%.

La estrategia de búsqueda se realizó a través de la pregunta PICO de investigación. Se obtuvieron una serie de resultados en los que se filtró por tipo de estudio, se incluyeron un total de 4 artículos en esta revisión.

### 3.6. Evaluación de la calidad metodológica de los artículos

Para evaluar la calidad de la evidencia y el grado de recomendación de los artículos seleccionados se ha utilizado la clasificación GRADE<sup>27</sup> que ordena la evidencia en cuatro niveles: alta, moderada, baja o muy baja.

Tabla 5. Significado de los 4 niveles de evidencia. Extraído de GRADE<sup>27</sup>: clasificación de la fuerza de la evidencia y graduación recomendación

NIVEL DE CALIDAD	DEFINICIÓN
<b>ALTO</b>	Alta confianza en la coincidencia entre el efecto real y el estimado.
<b>MODERADO</b>	Moderada confianza en la estimación del efecto. Hay posibilidad de que el efecto real esté alejado del efecto estimado.
<b>BAJO</b>	Confianza limitada en la estimación del efecto. El efecto real puede estar lejos del estimado.
<b>MUY BAJO</b>	Poca confianza en el efecto estimado. El efecto verdadero muy probablemente sea diferente del estimado.

En primer lugar, se dividen los artículos según su calidad dependiendo del tipo de estudio. Los ensayos clínicos aleatorizados son considerados de alta calidad, mientras que los estudios observacionales, casos y controles, y cohortes son considerados de baja calidad.

En un segundo paso, se establecen una serie de criterios que pueden hacer que el nivel de calidad de la evidencia sea refinado. Existen ítems que disminuyen la calidad de los artículos y otros que pueden aumentarla (tabla 6).

Tabla 6. Ítems que aumentan o disminuyen la calidad de la evidencia. Fuente modificada GRADE<sup>27</sup>

ÍTEMS QUE DISMINUYEN LA CALIDAD	ÍTEMS QUE AUMENTAN LA CALIDAD
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitaciones en el diseño y ejecución del estudio.</li> <li>- Inconsistencia de los resultados</li> <li>- Incertidumbre acerca de que la evidencia sea directa</li> <li>- Imprecisión</li> <li>- Sesgo de publicación o notificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuerte asociación: hallazgos de efectos relativos RR &gt; 2, o &lt; 0,5 en estudios observacionales sin factores de confusión.</li> <li>- Muy fuerte asociación: hallazgos de efectos relativos RR &gt; 5, o &lt; 0,2 basados en estudios sin problemas de sesgo o precisión.</li> <li>- Existencia de gradiente dosis-respuesta.</li> <li>- Evidencia de que todos los posibles factores de confusión o sesgos podrían haber reducido el efecto observado.</li> </ul>

Tabla 7. Clasificación del nivel de evidencia según el sistema GRADE <sup>27</sup>: clasificación de la evidencia fuerza de la evidencia y graduación recomendada.

TIPO DE ESTUDIO	NIVEL DE CALIDAD A PRIORI	DESCIENDE SI	SUBE SI	NIVEL DE CALIDAD A POSTERIORI
Estudios aleatorizados	Alta (empieza con 4 puntos)	<u>Riesgo de sesgo</u> - Importante (-1) -Muy importante (-2) <u>Inconsistencia</u> -Importante (-1) -Muy importante (-2) <u>No evidencia directa</u> - Importante (-1) -Muy importante (-2)  <u>Imprecisión</u> -Importante (-1) -Muy importante (-2)		Alta (4 puntos)
				Moderada (3 puntos)
				Baja (2 puntos)
Estudios Observacionales	Baja (empieza con 0 puntos)		<u>Efecto</u> -Grande (+1) -Muy grande (+2) <u>Dosis-respuesta</u> -Gradiente evidente (+1) <u>Todos los factores de confusión:</u> +1 reducirían el efecto observado +1 surgiría un efecto espurio si no hay efecto observado	Baja (2 puntos)  Muy Baja (1 punto o menos)

En la siguiente tabla (tabla 8), se muestra la clasificación de calidad de los artículos seleccionados para esta revisión sistemática.

Tabla 8. Clasificación. De artículos revisados según el grado de evidencia de la escala GRADE.

TÍTULO DEL ARTÍCULO	TIPO DE ESTUDIO	PUNTUACIÓN GRADE
Virtual Reality Triage Training Provides a Viable Solution for Disaster-preparedness.	Ensayo controlado aleatorizado	Moderada
Improved Training for Disasters Using 3-D Virtual Reality Simulation.	Estudio longitudinal experimental	Alta
Using Immersive Simulation for Training First Responders for Mass Casualty Incidents.	Estudio descriptivo	Muy baja
Effects of Virtual Reality Simulation on Worker Emergency Evacuation of Neonates.	Estudio longitudinal experimental	Moderada
360 virtual reality pediatric mass casualty incident: A cross sectional observational study of triage and out-of-hospital intervention accuracy at a national conference.	Observacional transversal	Baja
Comparison of the SALT and Smart triage systems using a virtual reality simulator with paramedic students	Estudio de simulación no aleatorizado	Baja
Student preferences and perceptions of learning from vSIM for Nursing	Estudio mixto (cuantitativo y cualitativo).	Moderada
The Use of Immersive and Virtual Reality Technologies to Enable Nursing Students to Experience Scenario-Based, Basic Life Support Training-Exploring the Impact on Confidence and Skills	Estudio mixto (cuantitativo y cualitativo).	Moderada
Virtual reality and live simulation: a comparison between two simulation tools for assessing mass casualty triage skills.	Ensayo controlado aleatorizado	Alta
Virtual reality triage training can provide comparable simulation efficacy for paramedicine students compared to live simulation-based scenarios.	Ensayo controlado aleatorizado	Moderada
The Use of Virtual Reality in Training Paramedics for a Mass Casualty Incident	Estudio de investigación-acción	Baja
Live-action mass-casualty training and virtual world training: A comparison	Ensayo controlado aleatorizado	Moderada

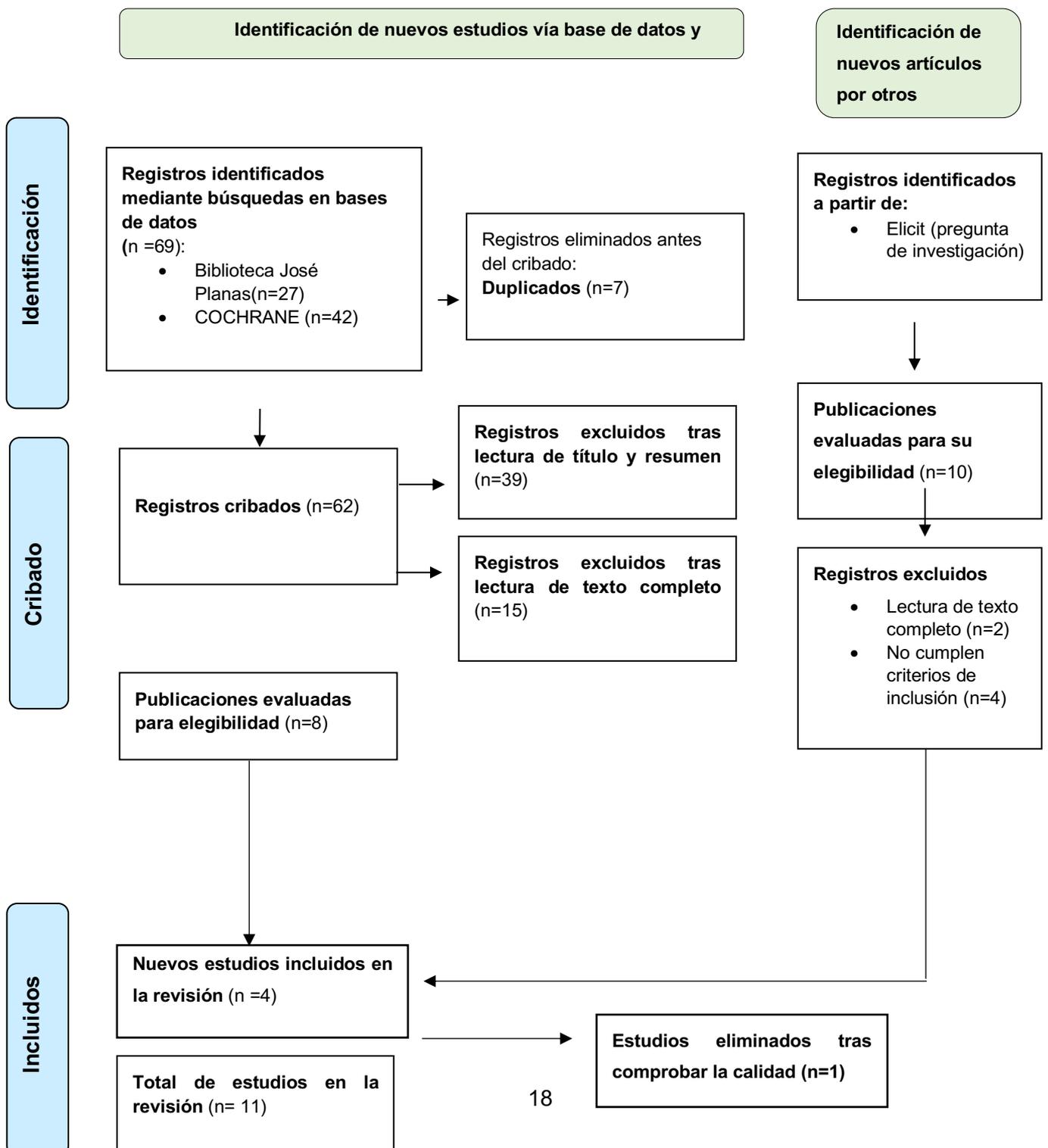
El estudio llevado a cabo por Wilkerson et al. 2008<sup>28</sup> calificado con puntuación muy baja se excluyó de la revisión.

## 4. Resultados

### 4.1. Diagrama de flujo de la selección de artículo para la revisión

Los artículos obtenidos de las bases de datos seleccionadas fueron sometidos a un proceso de cribado y selección para su posterior lectura crítica. Se siguieron los pasos indicados en los diagramas de flujo correspondientes para asegurar una elección objetiva y crítica. De esta manera, se identificaron los artículos más relevantes y adecuados para los objetivos de la investigación.

Figura 5. Diagrama de flujo de búsqueda de la literatura científica. Elaboración propia a partir de diagrama PRISMA.



#### 4.2. Características de los estudios incluidos

A continuación, se expondrá mediante gráficos algunas de las características que presentan los artículos que formarán parte de la revisión.

Respecto al tipo de estudio analizado podemos observar que un 37% son ensayos controlados aleatorizados, seguido de estudios mixtos (cuantitativos y cualitativos) y longitudinales -experimentales, ambos suman un 18%. Encontramos también otros tipos de estudios como estudios de simulación (9%), observacional transversal (9%) y, por último, investigación- acción (9%).

Figura 6. Distribución de los artículos según tipo de estudio. Elaboración propia.



En el siguiente gráfico se ordenan los artículos elegidos por el año de publicación. A pesar de ser una herramienta “nueva” desde 2008 se realizan estudios que hablan del uso de la RV como herramienta de entrenamiento.

Figura 7.. Distribución de los artículos por año. Elaboración propia.



Respecto a la calidad de la evidencia de los artículos seleccionados y basándonos en el sistema GRADE, observamos que 2 artículos tenían una calidad alta, 6 moderada y 3 baja por observar fallos metodológicos.

Figura 8. Número de artículos según calidad de la evidencia. Elaboración propia.

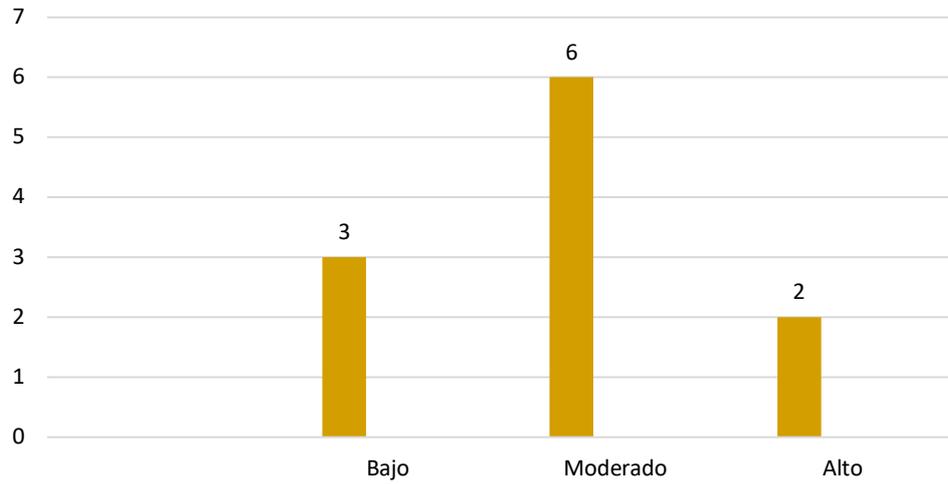


Tabla 9. Resultados de contenido. Elaboración propia.

Autor y año	Objetivo	Diseño de estudio	Muestra	Método de entrenamiento	Conclusiones
Andreatta et al. 2010 <sup>29</sup>	Comparar el impacto relativo de dos métodos basados en la simulación para la formación de residentes de medicina de urgencias (MUE) en el triaje de catástrofes mediante el algoritmo de triaje simple y tratamiento rápido (START), la realidad virtual (RV) de inmersión completa y el simulacro de paciente estandarizado (SP).	Ensayo controlado aleatorizado (ECA)	n=15  Residentes de medicina de emergencias	Formación en triaje START mediante RV o simulacro de catástrofe en vivo.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La realidad virtual de inmersión total puede proporcionar resultados de aprendizaje similares a la formación tradicional.</li> <li>2. La realidad virtual permite opciones coherentes de formación a demanda, utilizando una plataforma estable y repetible, y la flexibilidad para diseñar contextos de catástrofe ampliamente variables.</li> <li>3. Se alienta a seguir evaluando estas metodologías de formación alternativas,</li> </ol>
Cone et al. 2011 <sup>30</sup>	Comparar los sistemas de triaje SALT y SMART utilizando un simulador de realidad virtual	Estudio de simulación no aleatorizado	n=60 estudiantes de paramedicina	Entrenamiento con simulador de RV	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ambos sistemas fueron efectivos utilizando el simulador de RV</li> <li>2. El sistema SMART resultó más eficiente y preciso.</li> <li>3. Se sugiere que a RV puede ser una herramienta efectiva para el entrenamiento de paramédicos.</li> </ol>

Farra et al. 2013 <sup>31</sup>	Examinar los efectos de la SRV en los resultados del aprendizaje y la retención de la formación de catástrofes.	Estudio longitudinal experimental	n=40 Estudiantes de enfermería de último año	Eficacia de la simulación de catástrofes con RV para fomentar la adquisición de conocimientos y la retención de la formación en catástrofes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El efecto principal de la simulación virtual fue muy significativo.</li> <li>2. El efecto de SRV demostró estabilidad a lo largo del tiempo.</li> <li>3. La SRV es un método de instrucción que refuerza el aprendizaje y mejora su retención.</li> </ol>
Ingrassia et al. 2015 <sup>32</sup>	Comparar el uso de dos herramientas de simulación (RV y simulación en vivo) para evaluar las habilidades del triaje.	Ensayo experimental controlado aleatorizado	n= 56 Estudiantes de último año de medicina	Realización de una simulación de triaje de múltiples víctimas en vivo y en RV. Los participantes debían triar y clasificar según el nivel de urgencia.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ambas simulaciones fueron efectivas.</li> <li>2. La RV fue más rentable y eficiente.</li> <li>3. La herramienta de simulación puede ser útil para la formación y evaluación de los profesionales de salud.</li> </ol>
Shubeck et al. 2016 <sup>33</sup>	Comparar la efectividad del entrenamiento en un mundo virtual con el entrenamiento en vivo para situaciones de AMV	Ensayo experimental controlado aleatorizado	n=36 Personal médico civil	Simulación de dos escenarios basados en un terremoto a través del sistema de VCAEST.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El entrenamiento en RV puede proporcionar una eficacia de simulación comparable a los escenarios en vivo.</li> <li>2. Potencial del entrenamiento con RV como una herramienta rentable y accesible.</li> </ol>
Foronda et al. 2018 <sup>34</sup>	Explorar las percepciones y preferencias de los estudiantes respecto al uso de vSIM comparándolo con otros métodos de aprendizaje. Se evalúa la efectividad y la retención de conocimientos.	Estudio de métodos mixtos. Descriptivo, cuantitativo y cualitativo.	n= 99 Estudiantes de enfermería de un curso avanzado de medicina quirúrgica.	Uso de vSim como herramienta de aprendizaje y simulación en línea para la formación de estudiantes de enfermería.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los participantes presentan una actitud positiva hacia el uso de esta tecnología.</li> <li>2. Informan que el uso les ayuda a comprender mejor los conceptos y retener la información.</li> <li>3. Los resultados sugieren que esta herramienta puede ser efectiva para mejorar la educación y el aprendizaje.</li> </ol>
Farra et al. 2019 <sup>35</sup>	Desarrollar y estudiar la eficacia de un programa de formación del SRV para fomentar la preparación y respuesta ante emergencias de los trabajadores sanitarios, centrándose en la evacuación de neonatos de las unidades de cuidados intensivos.	Diseño longitudinal, mixto, cuasi-experimental	n=93	Formación de evacuación de neonatos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las intervenciones proporcionadas entre ambos grupos produjeron aprendizaje.</li> <li>2. Los resultados de los módulos de aprendizaje permitieron retener el contenido durante el año que duró el estudio.</li> <li>3. Los participantes del SRV que demostraron una mejora estadística y clínica en el rendimiento durante el ejercicio en vivo.</li> </ol>
Mills et al. 2020 <sup>36</sup>	Comparar la eficacia de la formación en triaje en realidad virtual con la formación en vivo.	Ensayo controlado aleatorio (ECA)	n= 29 Estudiantes de paramedicina	Simulación de un incidente de múltiples víctimas. Midiendo la presión y el tiempo necesario.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La RV fue comparativamente efectiva pero no inferior a la formación en vivo.</li> <li>2. La precisión y el tiempo fue similar en los dos grupos</li> <li>3. La RV puede ser una alternativa eficaz y rentable.</li> <li>4. RV puede ser utilizada como herramienta de evaluación en situaciones de emergencia.</li> </ol>

Lowe et al. 2020 <sup>37</sup>	Evaluar la precisión del triage y las intervenciones realizadas por los primeros intervinientes en una situación de emergencia pediátrica masiva en un entorno de RV 360°.	Estudio observacional transversal.	n=207 Participantes de una conferencia de medicina de emergencia	Simulación de un incidente masivo. Se evaluó el triaje y las intervenciones realizadas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La herramienta RV 360° efectiva para entrenar los intervinientes</li> <li>2. Los participantes informaron que la herramienta fué útil para mejorar las habilidades y mejorar la confianza.</li> <li>3. Se sugiere que el uso de la RV podría ser útil para mejorar la formación y la capacidad de los intervinientes.</li> </ol>
Rushton et al. 2020 <sup>38</sup>	Explorar el impacto de las tecnologías RV e inmersiva en la formación de estudiantes de enfermería.	Ensayo controlado aleatorio (ECA)	n=209	Los estudiantes del grupo de entrenamiento de realidad virtual recibieron formación práctica en soporte vital básico utilizando aplicaciones de realidad virtual e inmersiva.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los estudiantes que recibieron formación con RV obtuvieron mayor confianza y habilidades que los que entrenaron de manera convencional.</li> <li>2. Se sugiere que las tecnologías de RV pueden ser una herramienta efectiva para mejorar la formación.</li> </ol>
Lochmannová et al. 2022 <sup>39</sup>	Evaluar la efectividad de la realidad virtual en el entrenamiento de los paramédicos, comprando el ejercicio antes y después de la formación.	Estudio de observación-acción	n=60 Paramédicos de una ciudad de EE. UU.	Prueba escrita y simulación de un incidente de múltiples víctimas antes y después de la formación.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El uso de RV en la formación para incidentes de múltiples víctimas resultó efectivo.</li> <li>2. El grupo que recibió entrenamiento con RV, mejoró su desempeño en la formación.</li> <li>3. El grupo de RV reportó una mayor satisfacción con la formación.</li> </ol>

## 5. Discusión

### 5.1. Evaluar la efectividad de la realidad virtual como herramienta de entrenamiento para el personal sanitario en situaciones de catástrofe y emergencia.

El estudio llevado a cabo por Andretta et al. 2010<sup>29</sup> calculó el tamaño del efecto (d de Cohen) para sus grupos (SP y RV) con el fin de determinar el efecto de la actividad de triaje en el conocimiento de los participantes, medidos por sus conocimientos antes y después de la prueba. La diferencia entre las puntuaciones obtenidas antes y después de la prueba mejoró en el grupo SP, no teniendo un efecto comparable para el grupo de RV. Ingrassia et al. 2015<sup>32</sup> divide sus resultados de precisión de triaje en tres días, comparando también una simulación en vivo y con RV. Se puede observar que el porcentaje de triados correctamente el último día en el grupo de RV oscilan entre 86,6% y el 100%, en comparación con el grupo de simulación en vivo varía entre el 76,6 y 90,2. Ambos resultados resultan positivos, pero se observa una ligera mejora en el grupo de RV, este estudio también evaluó el tiempo hasta la clasificación, sin embargo, no se encontró diferencia estadística entre los dos grupos.

De acuerdo con los hallazgos del estudio de Farra et al. 2013<sup>31</sup>, hubo diferencias significativas entre el grupo de RV y el grupo de control, el efecto principal de la simulación fue bastante significativo con un valor  $p < 0.001$ , lo que determina el impacto de la RV en los resultados. Los dos grupos (RV y control) mostraron una tasa similar de mejora, sin embargo, se mostraron diferencias significativas en la evaluación del conocimiento en los dos meses posteriores a la intervención en el grupo RV, demostrando un efecto de estabilidad a lo largo del tiempo. Según Mills et al. 2020<sup>36</sup> no se observaron diferencias en el número de pacientes triados correctamente en el grupo de RV en comparación con la simulación tradicional, indicando una toma de decisión similar en ambos grupos. Sin embargo, se observó un tiempo de triaje más rápido en el grupo que realizó la simulación con RV. Un estudio llevado a cabo por Shubeck et al. 2016<sup>33</sup> comparó la efectividad del entrenamiento en vivo y el entrenamiento en mundos virtuales en términos de aprendizaje inmediato y transferencia de habilidades. Respeto a la efectividad del entrenamiento, no se encontraron diferencias significativas en el aprendizaje de ambos grupos, en cuanto a la transferencia de habilidades tampoco se encontraron efectos significativos que diferenciaron ambos grupos.

El estudio llevado a cabo por Farra et al. 2019<sup>35</sup> examinó las diferencias en los resultados del aprendizaje de los trabajadores de la unidad de cuidados intensivos neonatales que recibieron formación mediante SRV frente a los que recibieron actualización clínica. El rendimiento real en un simulacro en vivo fue estadística y clínicamente diferente entre ambos grupos, teniendo el grupo de SRV un rendimiento notablemente mejor. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos en términos de rendimiento cognitivo.

## **5.2. Identificar las ventajas y limitaciones de la realidad virtual en comparación con métodos de entrenamiento convencionales.**

Cone et al. 2011<sup>30</sup> menciona como ventaja del entrenamiento con RV incluye la capacidad de poder ejecutar el mismo escenario varias veces, pudiendo así, mejorar las habilidades o la retención de los conocimientos a largo tiempo. También se menciona como ventaja los costos relativamente bajos de la creación de un entorno virtual, ya que el sistema se puede utilizar las veces deseadas, rentabilizando así el coste.

Los participantes de la investigación llevada a cabo por Mills et al. 2020<sup>36</sup> expresaron que la experiencia con RV era gráficamente muy realista y, por lo tanto, comparable con la simulación en vivo en cuanto al suministro de información visual y auditiva. No obstante, se sugirió que la RV no pudo simular la interacción humana y el elemento de inmersión emocional de la experiencia en la misma medida. Varios asistentes reflejaron la RV como un “trampolín” a la simulación en vivo, ya que coincidieron en la opinión de que la simulación de RV les permitió mejorar las habilidades de aprendizaje, pero no la intensidad de un simulacro en vivo. Otro inconveniente encontrado fue la dificultad inicial para navegar por los controles de la RV, aunque un gran número de la muestra logró la competencia de los controles al final del escenario, no suponiendo un problema. Finalmente, también se demostró una mejor rentabilidad económica de la SRV, al extrapolar los datos obtenidos a una cohorte de 200 participantes, el coste económico es notablemente menor en la SRV.

El estudio de Lochmannová et al. 2022<sup>39</sup> indica que la SRV parece ser útil en el entrenamiento de profesionales sanitarios ya que permite recrear situaciones de baja frecuencia, pero de alto riesgo, para las que la formación convencional suele ser insuficiente. Utilizando estas herramientas, se pueden practicar las habilidades necesarias recibiendo un feedback y pudiendo repetir la intervención las ocasiones

deseadas en un entorno seguro. Otro aspecto positivo que destaca el autor , es la utilidad de las herramientas de RV para la actualización de conocimientos y en entrenamiento de situaciones poco frecuentes pero a las que los profesionales podrían hacer frente.

### **5.3. Analizar la aceptabilidad y la percepción de los profesionales hacia el uso de la realidad virtual como herramienta de entrenamiento.**

Los participantes del estudio “Using immersive simulation for training first responders for mass casualty incidents” llevado a cabo por Wilkerson et al.<sup>28</sup> comentaron que la realidad de la simulación aumentó su nivel de ansiedad de manera significativa, aumentando así la intensidad de la experiencia con simulación. El estudio presentado por Foronda et al. 2018<sup>34</sup> los resultados de percepción de los estudiantes fueron positivos, resaltando el aprendizaje en la evaluación, priorización y actuación. Con comentarios como: “aprendí a reaccionar ante una situación de emergencia”, “pensar las acciones prioritarias con calma”, “practicar las habilidades sin preocuparme”, etc. El 77% de los participantes encontró la simulación efectiva/realista para mejorar su aprendizaje. El estudio llevado a cabo por Mills et al. 2020<sup>36</sup> examinó entre otras variables, la carga de trabajo percibida y la satisfacción de los participantes. Respecto a la carga de trabajo percibida, fue significativamente mayor en el grupo de simulación en vivo que en el grupo de RV ( $P < 0,001$ ). La carga de trabajo percibida fue aparentemente mediada por la demanda física, sin diferencias observadas en la demanda mental, el rendimiento, es esfuerzo y los dominios de frustración ( $P > 0,05$ ). En cuanto a la satisfacción de los participantes, de un total de 26 que completaron la escala de diseño para ambos estudios, el 65% estuvieron de acuerdo o muy de acuerdo en que los objetivos e información, apoyo y fidelidad proporcionadas por el escenario de RV fueron satisfactorias, en comparación con un 54% de la simulación en vivo.

Los resultados de una encuesta Likert posterior a la simulación llevada a cabo por Lowe et al. 2020<sup>37</sup> indican que la experiencia de RV como herramienta de entrenamiento fue bien recibida por los participantes. Además, los participantes consideraron que la RV debería ser una herramienta integral para la educación médica y expresaron el interés de ver más usos de esta herramienta en la capacitación en desastres. El autor sugiere que la RV es una herramienta valiosa para el entrenamiento y con potencial de transformar la educación sanitaria. Los participantes de Rushton et al. 2020<sup>38</sup> también valoraron el entorno de RV como moderno y con una alta calidad, con escenarios difíciles que les permitían desarrollar habilidades de la forma más realista posible. Además, se mencionó una sensación de relajación y menor presión en

comparación con otros escenarios, pero también hubo comentarios y diferencias en la percepción de los diferentes entornos según la familiaridad y las preferencias individuales de los participantes. Los datos estadísticos para los niveles de confianza de los participantes del estudio de Rushton et al. 2020<sup>38</sup> revelaron tres medidas que mostraban una ganancia significativa determinando que el entorno no inmersivo no tenía la mayor ganancia. También se demostró que la simulación inmersiva aumentó la confianza, aun sintiendo una sensación de estrés tras realizar la simulación, algunos participantes explicaban que resultó una experiencia útil ya que en la vida real es normal sentirse abrumado en situaciones de emergencia.

#### **5.4. Limitaciones**

Las limitaciones encontradas para realizar el presente trabajo han sido principalmente la búsqueda de artículos. Se realizaron diferentes búsquedas en distintas bases de datos, no llegando a la búsqueda de artículos deseada. Se tuvo que utilizar una web de inteligencia artificial (IA) para poder completar dicha búsqueda. Se eliminó un artículo de calidad muy baja tras pasar la escala de calidad GRADE, además de utilizar artículos de calidad baja por falta de artículos que se ajustaran a los criterios de búsqueda. Otra limitación encontrada fueron los años de publicación, ya que se encontraron múltiples investigaciones que a pesar de tener valor científico no son actuales. La realidad virtual es una herramienta que se conoce desde hace bastante tiempo, pero no ha sido tan estudiada como se pensó en un inicio.

#### **5.5. Futuras líneas de investigación**

Como futuras línea de investigación, se podría proponer la mejora de los escenarios de RV, enfocándolo al aprendizaje de habilidades y la capacidad de la respuesta ante emergencias por parte del personal sanitario.

Se debe considerar el avance de otras tecnologías y la simbiosis entre ellas, pudiendo ser útiles a nivel sanitario, por ejemplo, la IA con la RV. Se puede observar cómo en EE. UU., se está desarrollando una IA que puede decidir sobre el triaje en situaciones de emergencia. Estos algoritmos se basarán en el entrenamiento de la IA mediante decisiones tomadas previamente por expertos de triaje, con la diferencia de que esta herramienta no se verá afectada por el estrés de la situación.<sup>40</sup> Se podría proponer un escenario de RV de una catástrofe sumando la IA de triaje para poder

valorar la eficacia, efectividad y la aceptabilidad por parte del personal. Otra de las tecnologías en las que se está invirtiendo es el entrenamiento de las IA en el lenguaje natural, reconocimiento de voz, traducción y análisis de texto entre otros, permitiendo que dispositivos como “Alexa” puedan tomar notas de las peticiones de los pacientes y ubicarlos en la especialidad correspondiente o para la realización de otro tipo de tareas administrativas.<sup>41</sup>

Se podría comenzar a trabajar en la mejora de los escenarios de RV, creando niveles de entrenamiento, desde habilidades y procedimientos básicos hasta las situaciones más realistas. Añadiendo los avances y mejoras que vayan apareciendo como pueden ser las dos nombradas anteriormente.

## 6. Conclusiones

Tras el análisis de los artículos analizados y lectura de bibliografía complementaria se responde a los objetivos secundarios y al objetivo principal.

- La RV resulta válida para entrenamiento del personal, ya que los resultados obtenidos son similares o ligeramente superiores a la formación tradicional. Es más efectiva en el entrenamiento de habilidades concretas como el triaje, también se ha demostrado que los entrenamientos con esta herramienta son más perdurables en el tiempo.
- Entre las ventajas del entrenamiento con RV podemos destacar: la repetición de los escenarios las veces deseadas, pudiendo así mejorar las habilidades y la retención de conocimiento, además de ser rentable económicamente. Como limitaciones, encontramos la incapacidad de algunos usuarios de navegar correctamente por la simulación, podemos añadir también que el entorno tridimensional supone sensaciones de mareo y malestar lo que impide que todo el mundo pueda realizar el entrenamiento.
- En general, la herramienta de RV fue bien recibida entre los participantes, resaltando la calidad de los gráficos y sonidos, permitiendo una inmersión bastante realista. También se vieron aumentadas la percepción de aprendizaje y la confianza llevando a este entrenamiento como útil.

Se puede concluir que la RV es una herramienta efectiva en el entrenamiento del personal sanitario ante catástrofes y emergencias. Obteniendo resultados similares al entrenamiento tradicional. Es bien recibida por la mayoría de los profesionales siendo una herramienta con un gran potencial para la mejora del entrenamiento de personal sanitario. Aun así, son necesarias más investigaciones para poder mejorar la herramienta de realidad virtual.

## 7. Bibliografía

1. De Castro Rodríguez F, Martín Rodríguez F, Añó García M del C, Díez Carabantes JC, Encinas Puente RM. Asistencia Sanitaria en Accidentes Múltiples Víctimas. 2007.
2. Aportación de datos para la elaboración de un plan de emergencia [Internet]. [citado 16 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/EME/PEDRP/PEDRP01/es\\_EME\\_PEDRP01\\_Contentidos/website\\_1\\_introduccion.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/EME/PEDRP/PEDRP01/es_EME_PEDRP01_Contentidos/website_1_introduccion.html)
3. Yanes J. Cómo afrontar las catástrofes naturales causadas por el cambio climático. 28 de septiembre de 2021 [citado 16 de mayo de 2023]; Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/afrontar-catastrofes-naturales-causadas-por-el-cambio-climatico/>
4. OMS. Cambio climático y salud [Internet]. 2021 [citado 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
5. 2022 Disasters in numbers. 2022 ago.
6. Algaali KYA, Djalali A, Della Corte F, Ismail MA, Ingrassia PL. Postgraduate Education in Disaster Health and Medicine. Vol. 3, Frontiers in Public Health. Frontiers Media S.A.; 2015.
7. Melendez E, Isaza-González J, Castillo JG, González RV, Chang I, García AL. Gestión de riesgos de desastres municipal basado en las TIC: Caso de estudio Panamá. I+D Tecnológico. 2022;
8. Tomey P. El Observatorio de Catástrofes de la Fundación Aon España: investigación, previsión, asistencia y continuidad.
9. Ayerbe Gabarda A. ¿LOS PROFESIONALES SANITARIOS ESTÁN PREPARADOS PARA ACTUAR EN CASO DE CATÁSTROFES? REVISIÓN SISTEMÁTICA. [Valencia]: Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir; 2019.
10. Imbert L, Cerini L. Socio Debate Revista de Ciencias Sociales Importancia de la formación profesional ante situaciones de desastre o catástrofe. 2016;
11. Baetzner AS, Wespi R, Hill Y, Gyllencreutz L, Sauter TC, Saveman BI, et al. Preparing medical first responders for crises: a systematic literature review of disaster training programs and their effectiveness. Vol. 30, Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. BioMed Central Ltd; 2022.

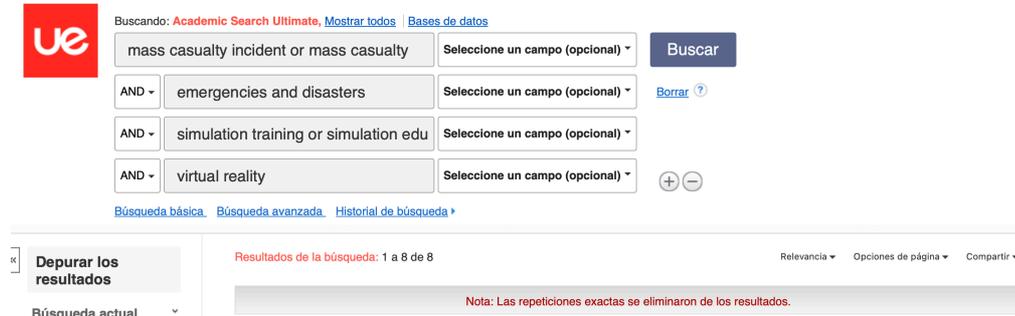
12. Villarejo L. Realidad virtual aplicada a la formación en salud [Internet]. 2019 [citado 21 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://blogs.uoc.edu/cienciasdelasalud/realidad-virtual-aplicada-a-la-formacion-en-salud/>
13. Luque Ordóñez J. Realidad Virtual y Realidad Aumentada. 2020.
14. Pérez-Salas CP. Realidad Virtual: Un Aporte Real para la Evaluación y el Tratamiento de Personas con Discapacidad Intelectual 1 Virtual Reality: A Real Contribution for the Evaluation and Treatment of People with Intellectual Disability. *TERAPIA PSICOLÓGICA*. 2008;26:253-62.
15. Ferrandini Price M, Pardo Ríos M. Incidentes de múltiples víctimas: mejora de los resultados en entrenamiento a través de recursos de innovación docente. [Murcia]: Universidad Católica de Murcia; 2019.
16. Ferreira RS, Xavier RAC, Ancioto ASR. Virtual reality as a tool for basic and vocational education. *Revista Científica General Jose Maria Cordova*. 1 de enero de 2021;19(33):223-41.
17. Cantón Enríquez D, Arellano Pimente JJ, Hernández López MÁ, Nieva García OS. Didactic use of immersive virtual reality with NUI focused on the inspection of wind turbines. *Apertura*. 1 de octubre de 2017;9(2):8-23.
18. Xie B, Liu H, Alghofaili R, Zhang Y, Jiang Y, Lobo FD, et al. A Review on Virtual Reality Skill Training Applications. Vol. 2, *Frontiers in Virtual Reality*. Frontiers Media S.A.; 2021.
19. Gran CA, Maldonado JN. Sistema VR configurable para entrenamiento en enfermería TRABAJO FINAL DE GRADO Contenido.
20. Pérez Martínez FJ. Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual [Internet]. Disponible en: [www.creatividadysociedad.com](http://www.creatividadysociedad.com)
21. Benavides CO, Peña SA. Realidad Virtual Como Apoyo al Desarrollo de Habilidades No Técnicas en Profesionales de la Salud. *KnE Engineering*. 11 de febrero de 2018;3(1):216.
22. Penizzotto F, Rosales C, Mut V. Simuladores de entrenamiento basados en realidad virtual: Aplicaciones en medicina. En: 2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON). 2022. p. 1-8.
23. Cerezo Espinosa, C., Segura Melgarejo, F., Menedreras Ruiz, R., Nieto Caballero, S., & Pardo Ríos, M. (2019). La realidad virtual como método de enseñanza de la reanimación cardiopulmonar: un estudio aleatorizado. *Emergencias*, 43–46.

24. Mäkinen H, Haavisto E, Havola S, Koivisto JM. Graduating nursing students' user experiences of the immersive virtual reality simulation in learning – A qualitative descriptive study. *Nurs Open*. 1 de mayo de 2023;
25. Urrútia G, Bonfill X. EDITORIAL LA DECLARACIÓN PRISMA: UN PASO ADELANTE EN LA MEJORA DE LAS PUBLICACIONES DE LA REVISTA ESPAÑOLA DE SALUD PÚBLICA [Internet]. Barcelona; Disponible en: <http://www.prisma>
26. Elicit [Internet]. [citado 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://elicit.org/faq#what-do-i-do-if-i-have-a-problem>
27. Aguayo-Albasini JL, Flores-Pastor B, Soria-Aledo V. Sistema GRADE: Clasificación de la calidad de la evidencia y graduación de la fuerza de la recomendación. *Cir Esp*. febrero de 2014;92(2):82-8.
28. Wilkerson W, Avstreich D, Gruppen L, Beier KP, Woolliscroft J. Using immersive simulation for training first responders for mass casualty incidents. En: *Academic Emergency Medicine*. 2008. p. 1152-9.
29. Andreatta PB, Maslowski E, Petty S, Shim W, Marsh M, Hall T, et al. Virtual reality triage training provides a viable solution for disaster-preparedness. *Academic Emergency Medicine*. agosto de 2010;17(8):870-6.
30. Cone DC, Serra J, Kurland L. Comparison of the SALT and Smart triage systems using a virtual reality simulator with paramedic students. *European Journal of Emergency Medicine*. diciembre de 2011;18(6):314-21.
31. Farra S, Miller E, Timm N, Schafer J. Improved Training for Disasters Using 3-D Virtual Reality Simulation. *West J Nurs Res*. mayo de 2013;35(5):655-71.
32. Ingrassia PL, Ragazzoni L, Carezzo L, Colombo D, Gallardo AR, Corte F Della. Virtual reality and live simulation: a comparison between two simulation tools for assessing mass casualty triage skills. 2015.
33. Shubeck KT, Craig SD, Hu X. Live-action mass-casualty training and virtual world training: A comparison. En: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*. Human Factors and Ergonomics Society Inc.; 2016. p. 2096-100.
34. Foronda CL, Swoboda SM, Henry MN, Kamau E, Sullivan N, Hudson KW. Student preferences and perceptions of learning from vSIM for Nursing™. *Nurse Educ Pract*. 1 de noviembre de 2018;33:27-32.
35. Farra S, Hodgson E, Miller ET, Timm N, Brady W, Gneuchs M, et al. Effects of Virtual Reality Simulation on Worker Emergency Evacuation of Neonates. *Disaster Med Public Health Prep*. 1 de abril de 2019;13(2):301-8.
36. Mills B, Dykstra P, Hansen S, Miles A, Rankin T, Hopper L, et al. Virtual Reality Triage Training Can Provide Comparable Simulation Efficacy for Paramedicine

- Students Compared to Live Simulation-Based Scenarios. *Prehospital Emergency Care*. 3 de julio de 2020;24(4):525-36.
37. Lowe J, Peng C, Winstead-Derlega C, Curtis H. 360 virtual reality pediatric mass casualty incident: A cross sectional observational study of triage and out-of-hospital intervention accuracy at a national conference. *J Am Coll Emerg Physicians Open*. octubre de 2020;1(5):974-80.
  38. Rushton MA, Drumm IA, Champion SP, O'Hare JJ. The use of immersive and virtual reality technologies to enable nursing students to experience scenario-based, basic life support training-exploring the impact on confidence and skills. *CIN - Computers Informatics Nursing*. 2020;38(6):281-93.
  39. Lochmannová A, Šimon M, Hořejší P, Bárdy M, Reichertová S, Gillernová K. The Use of Virtual Reality in Training Paramedics for a Mass Casualty Incident. *Applied Sciences (Switzerland)*. 1 de noviembre de 2022;12(22).
  40. Kardoudi O. La inteligencia artificial que decidirá si sobrevives en caso de emergencia. 31 de marzo de 2022 [citado 11 de mayo de 2023]; Disponible en: [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2022-03-31/pentagono-maquinas-decidir-quien-vive-muere\\_3400362/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2022-03-31/pentagono-maquinas-decidir-quien-vive-muere_3400362/)
  41. Bernardo MM. Presente y futuro de la IA en salud [Internet]. 2022 [citado 11 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://elmedicointeractivo.com/presenta-y-futuro-de-la-ia-en-salud/>

## ANEXO 1. Capturas de pantalla sobre las diferentes ecuaciones de búsqueda.

### Ecuación de búsqueda de la Biblioteca José Planas



Buscando: [Academic Search Ultimate](#), [Mostrar todos](#) | [Bases de datos](#)

mass casualty incident or mass casualty Seleccione un campo (opcional) ▾ **Buscar**

AND ▾ emergencies and disasters Seleccione un campo (opcional) ▾ [Borrar](#) ?

AND ▾ simulation training or simulation edu Seleccione un campo (opcional) ▾

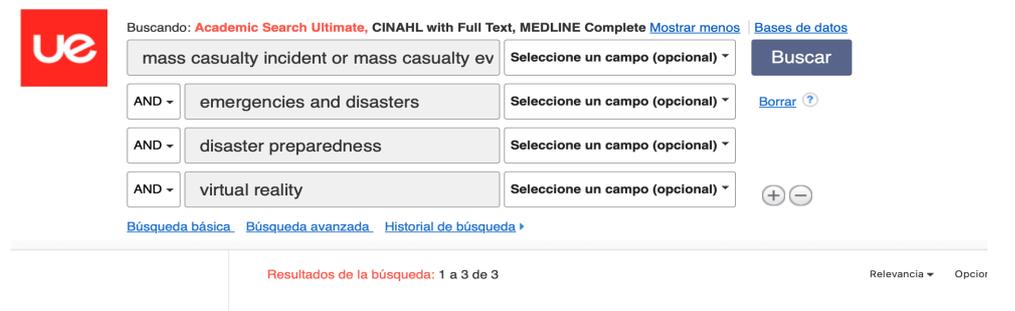
AND ▾ virtual reality Seleccione un campo (opcional) ▾ (+) (-)

[Búsqueda básica](#) [Búsqueda avanzada](#) [Historial de búsqueda](#) ▶

Relevancia ▾ Opciones de página ▾ Compartir ▾

Resultados de la búsqueda: 1 a 8 de 8

Nota: Las repeticiones exactas se eliminaron de los resultados.



Buscando: [Academic Search Ultimate](#), [CINAHL with Full Text](#), [MEDLINE Complete](#) [Mostrar menos](#) | [Bases de datos](#)

mass casualty incident or mass casualty ev Seleccione un campo (opcional) ▾ **Buscar**

AND ▾ emergencies and disasters Seleccione un campo (opcional) ▾ [Borrar](#) ?

AND ▾ disaster preparedness Seleccione un campo (opcional) ▾

AND ▾ virtual reality Seleccione un campo (opcional) ▾ (+) (-)

[Búsqueda básica](#) [Búsqueda avanzada](#) [Historial de búsqueda](#) ▶

Relevancia ▾ Opciones de página ▾

Resultados de la búsqueda: 1 a 3 de 3



Buscando: [CINAHL with Full Text](#), [Academic Search Ultimate](#), [MEDLINE Complete](#) [Mostrar menos](#) | [Bases de datos](#)

mass casualty incident Seleccione un campo (opcional) ▾ **Buscar**

AND ▾ emergencies or emergency Seleccione un campo (opcional) ▾ [Borrar](#) ?

AND ▾ disaster Seleccione un campo (opcional) ▾

AND ▾ virtual reality Seleccione un campo (opcional) ▾ (+) (-)

[Búsqueda básica](#) [Búsqueda avanzada](#) [Historial de búsqueda](#) ▶

Relevancia ▾ Opciones de página ▾

Resultados de la búsqueda: 1 a 10 de 17

### Ecuación de búsqueda Cochrane library

#### Búsqueda 1

**42** Trials matching **mass casualty incident in Title Abstract Keyword AND emergencies in Title Abstract Keyword OR disasters in Title Abstract Keyword AND simulation training in Title Abstract Keyword AND virtual reality in Title Abstract Keyword** - in Trials (Word variations have been searched)

Cochrane Central Register of Controlled Trials