

# Virtual reality system to improve the training of personnel on risk prevention in an industrial company

Melvin J. Rodriguez Mendoza, Bachelor<sup>1</sup>, Piero F. Villanueva Monzón, Bachelor<sup>1</sup>, and Rolando J. Berrú Beltrán, Master<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, jomel2000@hotmail.com, pierofabrizio10@hotmail.com, rolando.berru@upn.edu.pe

*Abstract—This research work was carried out with the objective of determining the influence of a virtual reality system in the training of personnel on risk prevention in an industrial company in the year 2022. The type of research was pre-experimental; with a sample of 12 workers of an industrial plant. Additionally, for data collection, tests and surveys were applied, then the XLSTAT statistical tool and the T-student test were used for data analysis. The dimensions involved in staff training on risk prevention were staff satisfaction and staff learning, while the dimensions involved in the virtual reality system were functional adequacy and usability. The results obtained showed that the development of a virtual reality system in staff training on risk prevention had a positive influence on the staff satisfaction and the staff learning of the workers in an industrial company. Based on the aforementioned, it was determined that the developed and proposed virtual reality system, focused on risk prevention training had a positive influence on the learning of the company workers, thus mitigating accidents in the industrial company.*

*Keywords— Industrial companies, risk prevention training, virtual reality.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Sistema de realidad virtual para mejorar la capacitación de personal sobre prevención de riesgos en una empresa industrial

Melvin J. Rodriguez Mendoza, Bachiller, Piero F. Villanueva Monzón, Bachiller<sup>1</sup>, y Rolando J. Berrú Beltrán, Magister<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, jomel2000@hotmail.com, pierofabrizio10@hotmail.com, rolando.berru@upn.edu.pe

**Resumen** – *El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar la influencia de un sistema de realidad virtual en las capacitaciones de personal sobre prevención de riesgos en una empresa industrial en el año 2022. El tipo de investigación fue pre-experimental; con una muestra de 12 trabajadores de una empresa industrial. Adicionalmente, para la toma de datos se aplicó test y encuestas, posteriormente, para el análisis de datos se utilizó la herramienta estadística XLSTAT y la prueba T-student. Las dimensiones implicadas en la capacitación de personal sobre prevención de riesgos fueron satisfacción del personal y aprendizaje del personal, mientras que las dimensiones implicadas en el sistema de realidad virtual fueron adecuación funcional y usabilidad. Los resultados que se obtuvieron demostraron que el desarrollo de un sistema de realidad virtual en la capacitación de personal sobre prevención de riesgos determinó una influencia positiva en la satisfacción del personal y aprendizaje del personal de los trabajadores de una empresa industrial. Con base en lo mencionado, se determinó que el sistema de realidad virtual propuesto y desarrollado enfocado en las capacitaciones de prevención de riesgos influyó de manera positiva en el aprendizaje de los trabajadores, mitigando los accidentes en la empresa industrial.*

**Palabras claves:** *Capacitación en prevención de riesgos, empresas industriales, realidad virtual.*

## I. INTRODUCCIÓN

En México, para contrarrestar el alto porcentaje de accidentes laborales, en las empresas se promovió la Ley Federal del Trabajo (LFT) en el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, el cual obliga a las empresas a realizar un estudio y análisis de los riesgos que puede ocurrir. Con base en lo mencionado, se debe tener un programa de seguridad, que consista en manuales y procedimientos que orienten a las personas a realizar sus actividades y procesos bajo condiciones seguras y de emergencia [1]. No obstante, esto no ha sido lo suficientemente regulado, ya que el índice de accidentes laborales, específicamente en el sector de construcción, posee el mayor porcentaje (73% en obras de construcción privadas y el 27% en construcciones públicas). Esto se debe a que no existe una real concientización sobre esta problemática [2].

En Colombia, la Federación de Aseguradores Colombianos llevó a cabo el replanteamiento de las estrategias de prevención de riesgos. Para tal efecto se emprendieron nuevas propuestas educativas que impacten de manera eficaz en la prevención de riesgos laborales [3]. Sin embargo, estas normativas no son lo suficientemente rigurosas por lo que los índices de accidentalidad se encontraron en los sectores de servicios generales (13.89%) y de construcción (16.03%). La mayoría de

estos eventos desafortunados incrementó la atención médica (95.79%) y se relacionaron con los riesgos que existen en las empresas constructoras, debido a que las estrategias determinadas no se han actualizado ni reforzado, además no tener un control de calidad constante en la información que se brinda a los trabajadores [4].

En los años del 2014 al 2015 en Ecuador, la industria manufacturera presentó un mayor número de accidentes laborales, con un aumento 10.91%, debido a que en este tipo de industria la mano de obra era vital para el desarrollo de las actividades productivas, no obstante, careció de una capacitación sobre prevención de riesgo ante los accidentes laborales. Es por esto que en el año 2016 el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, a través de su Reglamento para el Sistema de Auditorías de Riesgos del Trabajo – SART, permitió reducir los accidentes laborales mediante la implementación obligatoria de un Sistema de Seguridad en el Trabajo [5].

En el ámbito nacional, Perú tenía un 14,8 % de accidentes en el 2011, debido a que el personal de las empresas constructoras no poseía una capacitación totalmente inductiva y asimilable sobre los peligros que puedan ocurrir durante sus actividades [6]. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se registró una disminución, desde el 2007 al 2016, debido a las diversas regulaciones. Entre ellas la más importante es la Identificación de Peligros y la Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC), pues obligaba a las empresas industriales a tener un marco de seguridad con diversas capacitaciones eficaces para que sus trabajadores estén constantemente informados los riesgos y puedan evitarlo [7].

En el ámbito local, la cantidad de incidentes laborales que se generan por la ausencia de capacitaciones eficientes sobre prevención de riesgos en empresas industriales en la ciudad de Trujillo, representan un 4% del PBI, siendo una pérdida económica considerable que retrasa la producción de diversas empresas industriales. Usualmente estas capacitaciones de los riesgos laborales las dan por medio de manuales, videos, teóricas y pocas veces prácticas por alto costo, además de no realizarlas de manera continua [8].

El contenido restante del artículo sigue esta estructura: En la sección II. Antecedente, la sección III. Objetivos, la sección IV. Metodología, la sección V. Resultados, la sección VI. Discusión, la sección VII. Trabajos Futuros y por último en la sección VIII. Conclusiones.

## II. ANTECEDENTES

En la investigación “A Task-Centred Methodology to Evaluate the Design of Virtual Reality User Interactions: A Case Study on Hazard Identification”, plantearon el objetivo de identificar las interacciones que necesita un trabajador durante su capacitación adaptadas a los riesgos que se expone durante su trabajo en una empresa constructora de Francia. Con esta meta se realizaron la propuesta de una metodología centrada en tareas para diseñar y evaluar las interacciones como la prueba de evaluación de orientación dentro de la Realidad Virtual por parte de los usuarios. Los resultados obtenidos mostraron que las evaluaciones realizadas con respecto a las interacciones del Sistema, permitieron la mejora en la identificación e interpretación del trabajador, por lo que se concluyó que las interacciones centradas en tareas durante las capacitaciones de Realidad Virtual permitieron una interacción adecuada del empleado con el entorno de Realidad Virtual [9].

En el estudio “Aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva (Industria 4.0) para la mejora del proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A”, tuvo como objetivo brindar mejoras en la capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de los trabajadores de una empresa minera en Ancash - Perú. Para lograr esto, se desarrolló una aplicación de Realidad Virtual inmersiva desarrollada en Unity3D para ser usada durante las capacitaciones. El resultado que se obtuvo fue el incremento del índice de aprobados en un 22%, en comparación a un entrenamiento tradicional, gracias a esto, se pudo deducir que el uso de esta tecnología brindó una mejora en la adquisición de conocimientos en riesgos de los trabajadores durante su capacitación [7].

En el artículo de investigación “Construction safety training using immersive virtual reality”, tuvieron como finalidad llevar a cabo capacitaciones más factibles y efectivas en la identificación y evaluación de los riesgos de seguridad en una empresa de construcción de Israel. Para esto, se realizó el desarrollo de una aplicación de Realidad Virtual para el entrenamiento en seguridad dentro de una construcción, para esto se empleó EON Studio v6, 3D Studio MAX y REVIT como herramientas de desarrollo. Los resultados mostraron que el entrenamiento de Realidad Virtual brindó mejoras estadísticamente significativas en la identificación de riesgos y tareas de prevención, a causa de esto, recomendaron la incorporación de la Realidad Virtual en la formación en seguridad en la construcción [10].

En la investigación “Development and evaluation of a virtual reality serious game for safety training specific to the rock-related hazards in underground mine”, buscaron lograr transferir eficientemente el conocimiento de seguridad y permitir una capacitación de seguridad interactiva mejorada en una empresa minera en China. Con ese objetivo, se realizó el diseño y desarrollo de un juego serio basado en Realidad Virtual empleando Unity3D. Los resultados obtenidos

mostraron que el promedio de la precisión en la percepción de peligros de un grupo de realidad virtual superó el 90% dos pruebas antes al grupo de entrenamiento tradicional, por lo llegó a la conclusión de que el desarrollo de un juego serio en Realidad Virtual permitió un mejor entrenamiento en la percepción de riesgos [11].

En el artículo de investigación “Simulation-Based Safety Training for Plant Maintenance in Virtual Reality”, propusieron disminuir los accidentes durante la labor de los trabajadores de una planta de gas en Finlandia. Con este fin, se realizó el desarrollo de un modelo de simulación 3D para entrenamiento en seguridad en un entorno virtual interactivo y totalmente inmersivo, para esto se empleó Unreal Engine como motor gráfico. Los resultados demostraron que las capacitaciones orientadas en la seguridad mediante la realidad virtual mejoraron la percepción de riesgos de los empleados y promovieron el aprendizaje cognitivo. Por tales motivos, concluyó que la aplicación de una simulación de realidad virtual tuvo un enorme potencial en la optimización de la formación en seguridad [12].

## III. OBJETIVOS

### A. *Objetivo General*

Determinar la influencia de un sistema de realidad virtual en la capacitación de personal sobre prevención de riesgos, brindada a los trabajadores de una empresa industrial en el año 2022.

### B. *Objetivos Específicos*

- Determinar la influencia de un sistema de realidad virtual en la motivación del personal en una capacitación sobre prevención de riesgos en una empresa industrial en el año 2022.
- Definir la influencia de un sistema de realidad virtual en la percepción de la aplicabilidad en el trabajo del personal en una capacitación sobre prevención de riesgos en una empresa industrial en el año 2022.
- Establecer la influencia de un sistema de realidad virtual en el conocimiento de EPP del personal en una capacitación sobre prevención de riesgos en una empresa industrial en el año 2022.
- Definir la influencia de un sistema de realidad virtual en la identificación de riesgos del personal en una capacitación sobre prevención de riesgos en una empresa industrial en el año 2022.

## IV. METODOLOGÍA

La presente investigación tuvo un diseño pre-experimental con una población de 12 operarios de una empresa industrial, de los cuales se logró una muestra de los 12 trabajadores para toma de datos, debido a que todo el personal estuvo de acuerdo a participar en la investigación.

A. *Diagnóstico Pre-test:*

Se establecieron cuatro indicadores para las capacitaciones en prevención de riesgos, que fueron:

- a) Motivación
- b) Percepción de la aplicabilidad en el trabajo
- c) Conocimiento de Equipo de Protección Personal
- d) Conocimiento sobre identificación de Riesgos

Se emplearon los valores promedio generados por el total de participantes en los indicadores a y b, además, se realizó el conteo total del puntaje obtenido para los indicadores c y d. Se utilizaron cuatros instrumentos para la recolección de datos. Dos del tipo “test” (indicadores c y d), dos del tipo “cuestionario” (indicadores a y b), realizados a toda la muestra. Los indicadores anteriormente mencionados se calcularon mediante las siguientes fórmulas.

1. Indicador A: Motivación (Mtv)

$$Mtv = \sum_i^{ci} \left( \frac{pmi_i}{ci} \right) \quad (1)$$

Pmi: Puntaje marcado en ítem  
Ci: Cantidad de ítems

2. Indicador B: Percepción de la aplicabilidad en el trabajo (Pat)

$$Pat = \sum_i^{ci} \left( \frac{pmi_i}{ci} \right) \quad (2)$$

Pmi: Puntaje marcado en ítem  
Ci: Cantidad de ítems

3. Indicador C: Conocimiento de Equipo de Protección Personal (Cepp)

$$Cepp = \sum_i^{cp} (pop_i) \quad (3)$$

Pop: Puntaje obtenido en pregunta  
Cp: Cantidad de preguntas

4. Indicador D: Conocimiento sobre identificación de Riesgos (Csir)

$$Csir = \sum_i^{cp} (pop_i) \quad (4)$$

Pop: Puntaje obtenido en pregunta  
Cp: Cantidad de preguntas

El puntaje obtenido en los indicadores de motivación y percepción de aplicabilidad en el trabajo fueron medidos mediante dos cuestionarios que basados en la escala de clasificación Likert, obteniendo mediante la ecuación 4, un puntaje entre el 0 y el 5 por cada trabajador.

El puntaje obtenido en los indicadores de conocimientos de Equipos de Protección Personal y conocimientos sobre identificación de riesgos fueron medidos mediante dos test que están basados en una escala de puntuación del 0 al 20. El puntaje obtenido fue calculado de acuerdo con la cantidad de

preguntas contestadas correctamente y la cantidad de puntos que vale cada una de ellas.

Los indicadores que se obtuvieron fueron revisados y aprobados por la Mg. Ana Campos, especialista en seguridad y salud laboral.

B. *Sistema de realidad virtual para mejorar la capacitación de personal sobre prevención de riesgos*

El sistema de realidad virtual fue desarrollado bajo la metodología SENDA que consta de 3 etapas, las cuales fueron de análisis, diseño e implementación.

1. Análisis:

En esta etapa se establecieron los requisitos del sistema a desarrollar, se planteó el posible entorno de desarrollo y la cantidad de escenarios a utilizar, además de los objetivos de cada uno de estos.

TABLA I  
ESCENARIOS PRINCIPALES DURANTE LA CAPACITACIÓN

Escenario	Objetivo
Introducción a Equipos de Protección Personal	Mostrar al trabajador los diversos tipos de equipos de protección personal que debería emplear para su trabajo y concientizarlo de los riesgos que tiene el no utilizarlos correctamente.
EPPs para planchado al vacío	Informar al trabajador sobre los equipos de protección personal necesarios para poder desarrollar su labor de planchado al vacío sin riesgos.
EPPs para pelambre	Informar al trabajador sobre los equipos de protección personal necesarios para poder desarrollar su labor de pelambre sin riesgos.
Riesgos generales	Concientizar al trabajador de los peligros y riesgos latentes en las actividades que desempeña para pueda tomar en cuenta el daño que puede recibir en caso de no tomar las medidas necesarias.
Trabajo de planchado al vacío	Enseñar al trabajador la manera correcta de realizar el trabajo de planchado al vacío, teniendo en consideración los riesgos del trabajo y como evitar sufrir un accidente.
Trabajo de pelambre	Enseñar al trabajador la manera correcta de realizar el trabajo de pelambre, teniendo en consideración los riesgos del

	trabajo y como evitar sufrir un accidente.
Introducción a extintores	Explicar al trabajador los diversos tipos de extintores que podrá encontrar en su establecimiento de trabajo, el tipo de fuego para el que se emplea cada uno y el uso adecuado para cada uno de ellos.
Trabajo con extintor	Poner a prueba al trabajador al afrontar un fuego que debe ser apagado con los diferentes tipos de extintor.

2. Diseño:

La etapa de diseño constó en 3 subetapas que permitieron establecer de manera más específica cada uno de los escenarios y los recursos necesarios para el desarrollo del sistema.

2.1. Diseño 3D:

En esta subetapa se describieron todos los modelos 3D necesarios para la implementación del sistema, tomando en consideración todas las referencias que requiere su modelado y una descripción de los cambios que se deben realizar al modelo en caso no se consiga una referencia precisa del modelo 3D, como se muestra en la Fig. 1.

Nombre	Secado al Vacío
Imagen	

Fig. 1. Descripción de modelo de secado al vacío.

La Fig. 1. estuvo acompañada de la siguiente descripción: la máquina de secado al vacío debe tener el mismo diseño como en las imágenes, con 2 plataformas móviles. Además, deberá agregarse un panel al costado con los botones de encendido y apagado.

2.2. Diseño de Acciones:

Se describieron las entradas que permitan la interacción del usuario con el sistema. Además, permitió plantear todos los tipos de interacción que podrá tener el usuario y cuál será la finalidad de la interacción con el objeto o interfaz de usuario, como se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2. Descripción de interacciones con objetos.

La Fig. 2. estuvo acompañada de la siguiente descripción: algunos objetos requerirán que sean tocados con cualquiera de las manos para accionar una funcionalidad, por ejemplo, al tocar un botón de una maquinaria, accionaría su funcionamiento.

2.3. Diseño de Sistema:

Se detallaron el diseño de las interfaces que permita la interacción del usuario con el sistema. También describió la secuencialidad de cada uno de los escenarios que serían implementados en el sistema, mediante el uso de guiones descriptivos.

2.3. Trabajo de Secado al Vacío

Flujo principal:

V: Voz

E: Escenario.

I: Interacción.

A: Acción.

E: Aparecemos en el escenario mirando al frente.

V0: Felicitaciones por llegar hasta este punto. Ahora vamos a realizar una simulación práctica del proceso del secado al vacío.

E: Aparece una imagen.

V1: Para empezar con esta actividad, lo primero que debemos hacer es verificar que nuestro lugar de trabajos se encuentre limpio. Si no es así utiliza la escoba que está a tu lado para limpiar tu área. Después debe verifica en donde está ubicado el extintor.

I: Se limpia el área.

V2: Es importante tener nuestra área limpia ya que así reducimos la probabilidad de accidentes. Ahora verifica donde se encuentra el extintor más cercano y acerca tu mano al botón que se encontrara al lado del extintor para confirmar que lo encontraste.

Fig. 3. Guión de trabajo de secado al vacío.

En la Fig. 3. se muestra un guión que se trabajó para el flujo de trabajo de secado al vacío en el cual se describieron los pasos que debe seguir el trabajador durante su entrenamiento y la

manera en el que se le comunicó el motivo de cada medida de seguridad que tiene que tomar y las posibles consecuencias de no se realicen correctamente.

### 3. Implementación:

Se desarrolló el sistema de realidad virtual con el lenguaje de programación C# en el motor gráfico Unity3D. Cada una de las partes que componen el sistema fueron realizados de manera independiente, para que estos fueran integrados en un solo componente.



Fig. 4. Selección de escenario de uso de extintores.

La Fig. 4. evidencia la selección por parte del usuario del escenario de uso de extintores que permite introducir al trabajador las partes de extintor y la manera de utilizarlos correctamente.



Fig. 5. Explicación teórica del uso de los extintores

La Fig. 5. muestra la manera en la que se le presentó a los trabajadores los diversos tipos de extintores y el uso de cada uno de estos.



Fig. 6. Práctica del uso de extintores

Luego de presentar al usuario la teoría de los extintores se puso a prueba sus conocimientos adquiridos colocándolos frente a diferentes tipos de fuego y con los diversos tipos de extintores que podría encontrar en su lugar de trabajo como se muestra en la Fig. 6.

### C. Diagnóstico Post-test

Después de haber implementado y utilizado el sistema mostrado en la presente investigación se procedió a realizar las mismas evaluaciones, con los mismos instrumentos, con las mismas ecuaciones (1), (2), (3) y (4) para analizar los mismos indicadores y contrastar estos resultados con los valores obtenidos en el diagnóstico pre-test para verificar la influencia del sistema de realidad virtual en la prevención de riesgos en las empresas industriales.

Asimismo, una vez obtenidos los valores de pre y post-test por cada uno de los trabajadores, se realizó la prueba de t-student para verificar las hipótesis estadísticas planteadas usando la herramienta XLSTAT.

## V. RESULTADOS

La sección de resultados muestra los valores obtenidos en la recolección de datos en el pre-test, post-test y la prueba de hipótesis mediante t-student empleado la herramienta XLSTAT con 11 grados de libertad y 0.05 de nivel de significancia.

### A. Indicador A: Motivación (Mtv)

H0: La Motivación es la misma después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

Ha: La Motivación es mayor después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

**Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba unilateral a la izquierda**

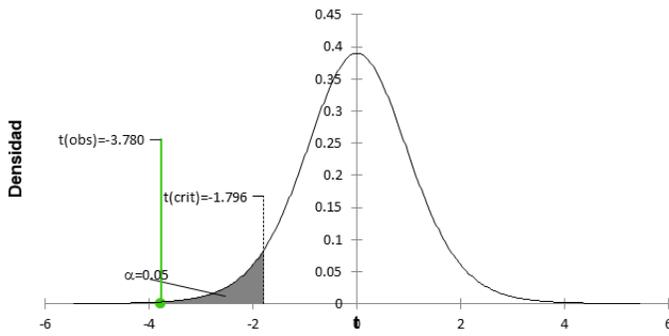


Fig. 7. Evaluación del área de aceptación o rechazo de la Motivación.

El valor  $t(\text{obs}) = -3.780$ , es inferior al valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.796$ , lo cual indicó que el valor obtenido estuvo ubicado en el intervalo de **rechazo de la hipótesis nula, por consiguiente, se aceptó la hipótesis alterna.**

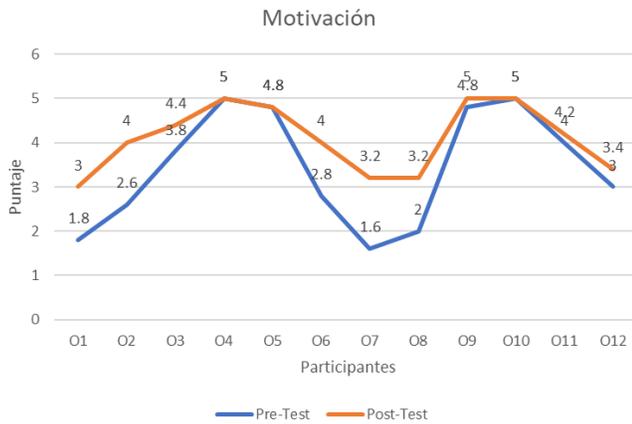


Fig. 8. Valores pre y post-test de la Motivación.

Como se observa en la Fig. 8. el valor promedio de Motivación fue mayor después de haber utilizado el Sistema de realidad virtual en comparación a cuando no fue empleado.

**B. Indicador B: Percepción de la Aplicabilidad en el Trabajo (Pat)**

H0: La Percepción de la Aplicabilidad en el Trabajo es la misma después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

Ha: La Percepción de la Aplicabilidad en el Trabajo es mayor después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

**Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba unilateral a la izquierda**

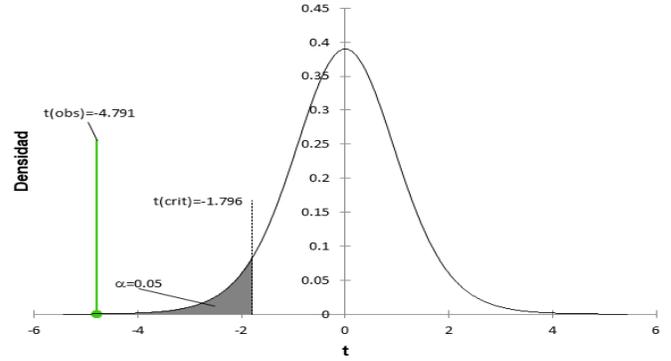


Fig. 9. Evaluación del área de aceptación o rechazo de la Pat.

El valor  $t(\text{obs}) = -4.791$ , es inferior al valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.796$ , lo cual indicó que el valor obtenido estuvo ubicado en el intervalo de **rechazo de la hipótesis nula, por consiguiente, se aceptó la hipótesis alterna.**

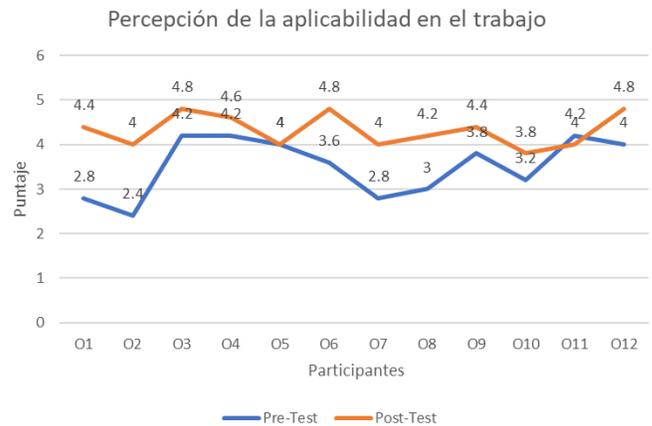


Fig. 10. Valores pre y post-test de la Pat

Como se observa en la Fig. 10. el valor promedio de Percepción de la Aplicabilidad en el Trabajo fue mayor después de haber utilizado el Sistema de realidad virtual en comparación a cuando no fue empleado.

**C. Indicador C: Conocimiento de Equipo de Protección Personal (Cepp)**

H0: El Conocimiento de Equipo de Protección Personal es el mismo después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

Ha: El Conocimiento de Equipo de Protección Personal es mayor después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

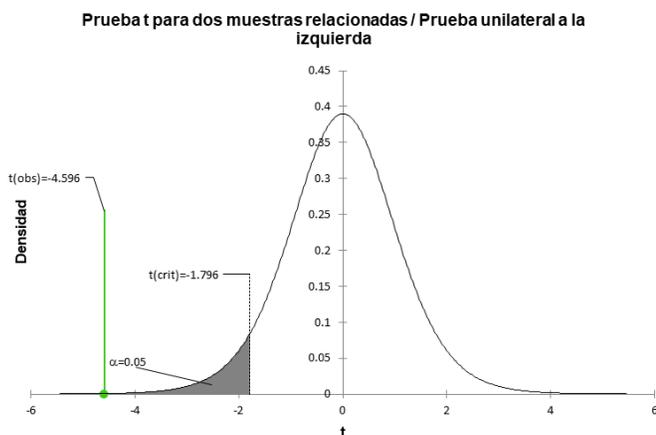


Fig. 11. Evaluación del área de aceptación o rechazo del Cepp.

El valor  $t(\text{obs}) = -4.596$ , es inferior al valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.796$ , lo cual indicó que el valor obtenido estuvo ubicado en el intervalo de **rechazo de la hipótesis nula, por consiguiente, se aceptó la hipótesis alterna.**

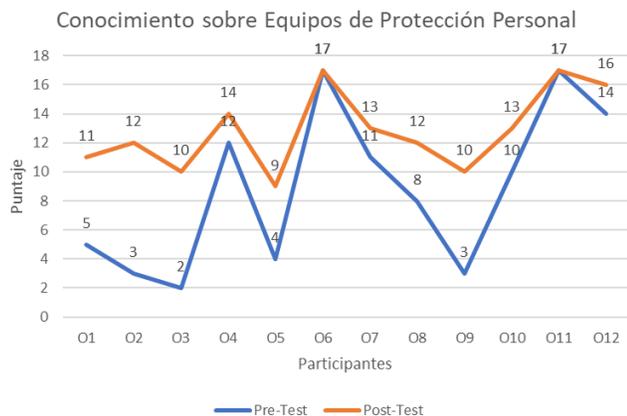


Fig. 12. Valores pre y post-test del Cepp.

Como se observa en la Fig. 12, el valor promedio de Conocimiento de Equipo de Protección Personal fue mayor después de haber utilizado el Sistema de realidad virtual en comparación a cuando no fue empleado.

**D. Indicador D: Conocimiento sobre Identificación de Riesgos (Csir)**

H0: El Conocimiento sobre Identificación de Riesgos es el mismo después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

Ha: El Conocimiento sobre Identificación de Riesgos es mayor después de emplear el Sistema de Realidad Virtual para la Capacitación de Personal.

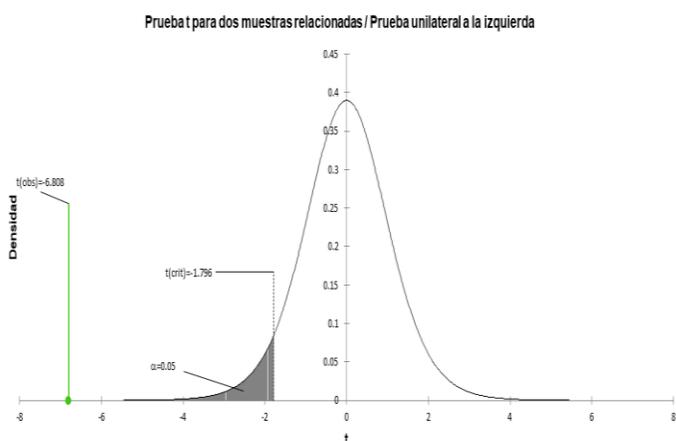


Fig. 13. Evaluación del área de aceptación o rechazo del Csir.

El valor  $t(\text{obs}) = -6.808$ , es inferior al valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.796$ , lo cual indicó que el valor obtenido estuvo ubicado en el intervalo de **rechazo de la hipótesis nula, por consiguiente, se aceptó la hipótesis alterna.**

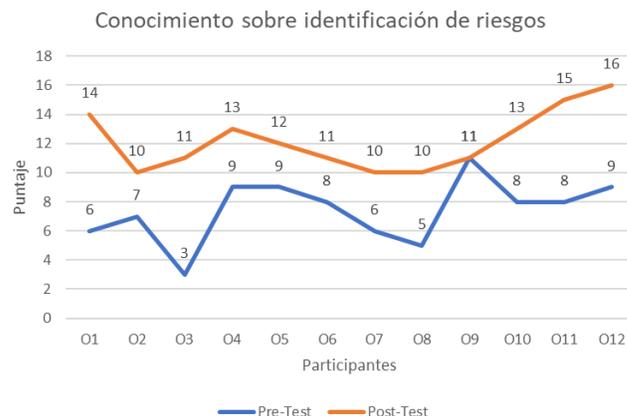


Fig. 14. Valores pre y post-test del Csir.

Como se observa en la Fig. 14, el valor promedio de Conocimiento sobre Identificación de Riesgos fue mayor después de haber utilizado el Sistema de realidad virtual en comparación a cuando no fue empleado.

Los gráficos mostrados en la Fig. 8, 10, 12 y 14 mostraron un aumento positivo en los puntajes obtenidos en cada indicador, demostrando así la influencia positiva del uso del sistema de realidad virtual. La Tabla II muestra un resumen de los promedios generales obtenidos para cada indicador en el pre-test y post-test. Además, se evidencia la diferencia entre estos valores.

TABLA II  
Promedios generales de los resultados

Indicador	Pre-test	Post-test	(Post) - (Pre)	%	
1	Mtv	3.43	4.10	+0.67	+19.41
2	Pat	3.52	4.32	+0.80	+22.70
3	Cepp	8.83	12.83	+4	+45.28
4	Csir	7.42	12.17	+4.75	+64.08

## VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la Tabla II, mostraron que el promedio obtenido por los trabajadores en el test de conocimiento sobre identificación de riesgos fue de 7.417 puntos en una escala del 1 al 20, antes de utilizar el sistema de realidad virtual; mientras que, luego de la implementación del sistema, el valor tuvo un aumento del 64.08%, llegando a obtener un promedio de 12.17 puntos, el cual fue un promedio aprobatorio para la escala antes mencionada, ya que superó los 12 puntos. En el artículo “Work in Progress: Finding the Holes in Safety Education”, los autores Talley, Spencer, Hatipkarasulu y Kisi lograron obtener un promedio luego de emplear su sistema de 13.94 puntos, el cual fue mayor al obtenido a esta investigación por 1.77 puntos [13].

El motivo de la diferencia de puntajes obtenidos se puede deber a que el sistema desarrollado por los autores Hatipkarasulu y Kisi tuvo un mayor grado de realismo en los gráficos a comparación de la presente investigación, ya que el dispositivo Oculus Quest 2 que fue empleado en la presente investigación no tuvo una gran potencia gráfica cuando fue empleado de independiente a un computador, a causa de esto, fue necesaria la reducción de polígonos en los modelos 3D utilizados en el sistema [13].

Los resultados obtenidos en la Tabla II, mostraron que el promedio obtenido por los trabajadores en la encuesta de percepción de aplicabilidad en el trabajo fue de 3.52 puntos en la escala de Likert con valores del 1 al 5 antes de emplear el sistema de realidad virtual; sin embargo, después de que el sistema fuera implementado, se obtuvo un promedio de 4.32 puntos, lográndose así un aumento del valor en un 22.7%. En la investigación “Training virtual reality-based system for detection and simulation of motors failures”, los autores Riofrio y Garcia obtuvieron un promedio de 4.22 luego de implementar su solución, el cuál es 0.1 puntos menor que el valor alcanzado en la presente investigación. La diferencia en el resultado obtenido se puede deber a que la investigación mencionada empleó sensores HTC, los cuales son más complicados de utilizar y requiere una instalación en el ambiente donde sea empleado [14].

El dispositivo que fue utilizado en la presente investigación fue el Oculus Quest 2, el cual no requiere de sensores externos al momento de ser usado, por lo que no fue necesaria una configuración larga al momento de transportar el dispositivo a un ambiente distinto, lo cual permitió que el sistema sea más sencillo de utilizar y no tenga complicaciones al funcionar en distintos ambientes en los que fuera requerido.

Los resultados obtenidos en la Tabla II, mostraron que el valor promedio en el indicador de conocimiento sobre equipos de protección personal fue de 8.833 puntos en una escala del 1 al 20 antes de usar la solución de un sistema de realidad virtual para mejorar las capacitaciones, mientras que, después de implementar y aplicar el sistema, el valor aumentó a 12.88 puntos llegando a mejorar en un 45.28%. Los autores Wu et al. en el artículo “Measuring the Effectiveness of VR Technique for Safety Training of Hazardous Construction Site Scenarios”,

obtuvieron una mejora del 10.15% en el indicador de conocimiento de equipos de protección personal [15].

La razón probable de esta diferencia es que los trabajadores tenían un promedio alto en este indicador antes de utilizar el sistema, es decir, tenían una mayor cantidad de información asimilada y conocimiento retenido, debido a que en el país donde se realizó su investigación tiene regulaciones constantes con respecto a las capacitaciones en prevención de riesgos donde realizó su investigación por lo cual el porcentaje de mejora no fue tan significativo como la actual investigación.

Los resultados que se lograron obtener en la Tabla II, indican que el valor promedio para el indicador de motivación fue de un 3.43 puntos en la escala de Likert con valores del 1 al 5 antes de usar la solución de un sistema de realidad virtual, posteriormente, después de implementar y aplicar el sistema, el valor aumentó a 4.1 puntos, logrando mejorar en un 19.41%. Por otra parte, los autores Makransky y Klingenberg en su investigación “Virtual reality enhances safety training in the maritime industry: An organizational training experiment with a non-WEIRD sample”, obtuvieron una mejora del 16.71% en el indicador de motivación [16].

La diferencia probable entre estos resultados obtenidos es que las personas evaluadas ya habían utilizado con anterioridad los lentes de realidad virtual y conocían lo básico de estos, por tanto, su nivel de motivación era menor, ya que no era tan novedoso como para los participantes de la actual investigación, debido a que estos trabajadores ya habían usado estos dispositivos previamente como entretenimiento por lo cual ya sabían cómo manejar estos equipos sin tener que pasar por una curva de aprendizaje del uso.

Durante la investigación llevada a cabo en este proyecto, se efectuaron contrastes entre los resultados logrados por cada uno de los indicadores propuestos y los resultados de diversas investigaciones previas, debió a que cada uno de los parámetros propuesto eran semejantes a dichos trabajos con lo cual se podría llegar a conclusión de eficiencia o no.

## VII. CONCLUSIONES

El sistema de realidad virtual desarrollado demostró tener un efecto positivo en el conocimiento sobre identificación de riesgos de los trabajadores en la capacitación sobre prevención de riesgos en una empresa industrial, de acuerdo con la prueba T de Student empleada, a causa de que el valor promedio de conocimiento sobre identificación de riesgos tuvo un aumento del 64.08% al utilizar el sistema de realidad virtual durante las capacitaciones sobre prevención de riesgos.

Se comprobó el impacto positivo del sistema de realidad virtual en la percepción de aplicabilidad en el trabajo de los trabajadores en la capacitación sobre prevención de riesgos en una empresa industrial, de acuerdo con la prueba de T de Student llevada a cabo, debido a que se alcanzó un incremento del 22.7% en el promedio de percepción de aplicabilidad en el trabajo al emplear el sistema de realidad en las capacitaciones sobre prevención de riesgos.

Se demostró que la solución de realidad virtual implementada tuvo un efecto positivo en el conocimiento de equipos de protección personal de los trabajadores en la capacitación de prevención de riegos en una empresa industrial, según la prueba T de Student aplicada después del uso del sistema de realidad virtual, tuvo un incremento del nivel de conocimiento en un 45.28%.

Se comprobó que la influencia fue positiva de la solución de realidad virtual implementada en la motivación del personal en las capacitaciones de prevención de riegos en una empresa industrial, según la prueba T de Student realizada, puesto que utilizar el sistema de realidad virtual, permitió aumentar el promedio en 19.41%.

### VIII. TRABAJOS FUTUROS

En investigaciones futuras basadas en el mismo tema tratado en la presente investigación, se recomienda lo siguiente:

- Emplear dispositivos de realidad virtual con una potencia gráfica superior al utilizado en este proyecto. Esto permitiría que se pueda desarrollar un sistema con modelos 3D más complejos, con la finalidad de lograr un mayor grado de inmersión de los trabajadores y se pueda tener una experiencia más realista durante la capacitación.
- Contar con más de un dispositivo Oculus Quest 2 para poder realizar las capacitaciones de realidad virtual de manera simultánea con varios trabajadores mejorando el proceso de espera entre cada uno de ellos y para así también poder realizar de manera eficiente dicho proceso.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Mg. Kenny Heredia que facilitó la coordinación con la empresa donde fue realizado el proyecto, a la Ing. Lilibeth Baltazar que permitió recopilar la información necesaria para la investigación.

### REFERENCIAS

[1] A. Enriquez. "SEGURIDAD Y SALUD LABORAL EN MÉXICO | iuslabor. revista d'anàlisi de dret del treball". RACO. <https://raco.cat/index.php/IUSLabor/article/view/293245/387238> (accedido el 5 de noviembre de 2022).

[2] R. Solís, "Cien meses de accidentes en la construcción en el sureste de México", *Revista ingeniería de construcción*, vol. 32, n. ° 3, pp. 195–204, diciembre de 2017. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4067/s0718-50732017000300195>

[3] P. Correa, "La seguridad y la prevención como valores de vida: Una propuesta educativa para fortalecer la cultura en prevención de riesgos laborales el sector industrial de Manizales", tesis de magister, Universidad Manizales, 2013. Accedido el 5 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/736>

[4] Cabrera, A. Cortes y C. Daza, "Caracterización de accidentalidad en una aseguradora de riesgos laborales de Colombia entre el año 2013 al 2014", *Doctoral Dissertation*. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.48713/10336\\_10057](https://doi.org/10.48713/10336_10057)

[5] M. Espinoza y J. Ramos, "Análisis comparativo de la accidentabilidad laboral en Ecuador: Periodo 2014 al 2019", *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 6, n. ° 6, pp. 49–58, noviembre de 2021. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.6.735>

[6] R. Atencio y D. Lovera, "Estudio de accidentes laborales como acción preventiva en una empresa constructora", *Revista Inst. Investig. Fac. minas metal cienc. geogr.*, vol. 17, n. ° 34, diciembre de 2014. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v17i34.11380>

[7] H. Valencia, "Aplicación de la tecnología de realidad virtual inmersiva (industria 4.0) para la mejora del proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional en la empresa minera Antamina SA, Huari, Ancash–2019", tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco, 2019. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3507>

[8] R. Pasmíño y J. Pretel, "Diseño de un sistema de seguridad y salud en el trabajo basado en la Ley N° 29783 en la empresa Industrias Verlim EIRL", tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2018. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4216>

[9] P. Raimbaud, R. Lou, F. Danglade, P. Figueroa, J. T. Hernandez y F. Merienne, "A Task-Centred Methodology to Evaluate the Design of Virtual Reality User Interactions: A Case Study on Hazard Identification", *Buildings*, vol. 11, n. ° 7, p. 277, junio de 2021. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/buildings11070277>

[10] R. Sacks, A. Perlman y R. Barak, "Construction safety training using immersive virtual reality", *Construction Management and Economics*, vol. 31, n. ° 9, pp. 1005–1017, septiembre de 2013. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1080/01446193.2013.828844>

[11] Z. Liang, K. Zhou y K. Gao, "Development of Virtual Reality Serious Game for Underground Rock-Related Hazards Safety Training", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 118639–118649, 2019. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2934990>

[12] E. Kwegyir-Afful y J. Kantola, "Simulation-Based Safety Training for Plant Maintenance in Virtual Reality", *Advances in Simulation and Digital Human Modeling*, vol. 1206, pp. 167–173, 2022. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51064-0\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51064-0_22)

[13] K. Talley, B. Spencer, G. Hatipkarasulu y K. Kisi, "Work in Progress: Finding the Holes in Safety Education", 2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, 2021.

[14] M. Riofrio y M. Garcia, "Training virtual reality-based system for detection and simulation of motors failures", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1983, n. ° 1, p. 012099, julio de 2021. Accedido el 12 de enero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1983/1/012099>

[15] H. Wu, W. Yu, R. Gao, K. Wang and K. Liu, "Measuring the Effectiveness of VR Technique for Safety Training of Hazardous Construction Site Scenarios," *2020 IEEE 2nd International Conference on Architecture, Construction, Environment and Hydraulics (ICACEH)*, Hsinchu, Taiwan, 2020, pp. 36–39. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1109/ICACEH51803.2020.9366218>

[16] G. Makransky y S. Klingenberg, "Virtual reality enhances safety training in the maritime industry: An organizational training experiment with a non-WEIRD sample", *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 38, n. ° 4, 2022. Accedido el 5 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1111/jcal.12670>