

Realidad Virtual en la biomecánica cervical y percepción de dolor en el personal operativo

Virtual Reality in cervical biomechanics and pain perception in operational

Melany Katherine Defaz Rea, María Augusta Latta Sánchez, Paola Gabriela Ortiz Villalba & Jeannette Mercedes Acosta Nuñez

DIMENSIÓN CIENTÍFICA

Enero - junio, V°7 - N°1; 2026

Recibido: 05-05-2026

Aceptado: 07-05-2026

Publicado: 14-05-2026

PAIS

- Ecuador, Ambato
- Ecuador, Ambato
- Ecuador, Ambato
- Ecuador, Ambato

INSTITUCION

- Universidad Técnica de Ambato
- Universidad Técnica de Ambato
- Universidad Técnica de Ambato
- Universidad Técnica de Ambato

CORREO:

- ✉ mdefaz3486@uta.edu.ec
- ✉ mariaalatta@uta.edu.ec
- ✉ pg.ortiz@uta.edu.ec
- ✉ ajestefania@hotmail.com

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0008-5380-7533>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-8896-9910>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-6810-8841>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-7554-3956>

FORMATO DE CITA APA.

Defaz, M., Latta, M., Ortiz, P. & Acosta, J. (2026). Realidad Virtual en la biomecánica cervical y percepción de dolor en el personal operativo. *Revista G-ner@ndo*, V°7 (N°1). Pág. 5041 – 5059.

Resumen

Las condiciones físicas y psicosociales inherentes al entorno laboral del personal operativo del ECU 911 implican la permanencia prolongada en posturas estáticas, uso prolongado de computadoras, movimientos repetitivos y situaciones de alta carga emocional. Estos factores incrementan significativamente la probabilidad de desarrollar alteraciones biomecánicas cervicales y dolor asociado, es por ello que la presente investigación tuvo por objetivo analizar el efecto de la Realidad Virtual (RV) en la biomecánica cervical y percepción de dolor en el personal operativo. El estudio presentó un diseño cuasiexperimental, con un enfoque cuantitativo, analítico y de corte longitudinal. Tras la aplicación de los criterios de elegibilidad se obtuvo un total de 33 participantes distribuidos aleatoriamente a un Grupo Control (GC) que realizó ejercicios cervicales convencionales y un Grupo Realidad Virtual (GRV) que realizaron actividades empleando escenarios de RV, se aplicaron 8 sesiones durante 8 semanas con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana. En relación con los resultados, el GRV registra cambios significativos en todas las variables del estudio, evidenciando disminución del dolor, mejora del CROM, la fuerza isométrica cervical y la percepción del estrés ($p < 0,05$); no obstante, el GC no evidenció resultados significativos en la rotación derecha ($p = 0,541$) y la percepción del estrés ($p = 0,189$). En conclusión, tras los efectos evidenciados, se la considera a la realidad virtual como una alternativa terapéutica prometedora en la rehabilitación cervical.

Palabras clave: Realidad virtual; RV; dolor cervical; biomecánica cervical; dolor.

Abstract

The physical and psychosocial conditions inherent in the work environment of ECU 911 operational personnel involve prolonged periods in static postures, prolonged computer use, repetitive movements, and situations of high emotional stress. These factors significantly increase the likelihood of developing cervical biomechanical alterations and associated pain. Therefore, this research aimed to analyze the effect of Virtual Reality (VR) on cervical biomechanics and pain perception in operational personnel. The study employed a quasi-experimental design with a quantitative, analytical, and longitudinal approach. After applying the eligibility criteria, a total of 33 participants were randomly assigned to a Control Group (CG) that performed conventional cervical exercises and a Virtual Reality Group (VRG) that performed activities using VR scenarios. Eight sessions were conducted over eight weeks, with a frequency of two to three times per week. Regarding the results, the GRV group showed significant changes in all study variables, demonstrating a decrease in pain, improvement in CROM, cervical isometric strength, and stress perception ($p < 0.05$); however, the GC group did not show significant results in right rotation ($p = 0.541$) or stress perception ($p = 0.189$). In conclusion, based on the observed effects, virtual reality is considered a promising therapeutic alternative in cervical rehabilitation.

Keywords: Virtual reality; VR; neck pain; cervical biomechanics; pain.

Introducción

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) representan el 75,5% y 86,3% de alteraciones del sistema locomotor, siendo la región cervical una de las zonas más afectadas, que registra una prevalencia aproximada del 72,4% (Faidullah et al., 2026; Mohammadian et al., 2025; Ye et al., 2017). Su mayor incidencia se genera por la combinación de factores laborales, ergonómicos, físicos, psicológicos, personales y sociodemográficos (Bansode et al., 2023; Malińska et al., 2021). En la actualidad, el ámbito laboral es uno de los principales desencadenantes de los TME, destacando entre ellos la alta demanda laboral, el prolongado uso de ordenadores, posturas sedentarias y tareas repetitivas como variables que contribuyen al desarrollo del dolor cervical (Bansode et al., 2023; Fida, 2022; Nakazato et al., 2024).

Dentro de la rehabilitación, la neuromodulación del dolor actúa como una red compleja neuronal del SNC, donde estas estructuras involucradas con el procesamiento del dolor también están interconectadas con regulaciones autónomas o el manejo cognitivo, emocional y sensorial (Wen et al., 2020). En este contexto, el conocimiento de los mecanismos de la modulación del SNC de estos circuitos moduladores del dolor puede actuar como base para el diseño de nuevos tratamientos efectivos (Ossipov et al., 2010).

En este sentido, la Realidad Virtual (RV) surge como una estrategia innovadora y prometedora para el tratamiento de la intensidad del dolor debido a que, al combinar estímulos multisensoriales a través de la integración de herramientas externas, como visores de RV, avatares o ciber manos, generan experiencias afectivas gratificantes con influencia a nivel cognitivo (Hoffman, 2021; Meuwissen et al., 2025; Xi & Hamari, 2021; Zurita & Toasa, 2025). Se ha evidenciado que la calidad de la experiencia de la RV se encuentra relacionada con el nivel de interacción y realismo proporcionado durante la

ejecución de tareas virtuales. De esta manera, la combinación de estímulos visuales, motores y auditivos en un mismo ambiente o situación desencadenan la activación de regiones cerebrales específicas, entre ellas destacan el incremento de la actividad en la corteza motora primaria y la corteza premotora derecha asociadas al efecto analgésico, así como la activación del lóbulo occipital derecho, relacionada al efecto inmersivo (Abbas et al., 2023; Deng et al., 2025; Xi & Hamari, 2021). Consolidando así a la RV como método analgésico no farmacológico con gran potencial para su implementación en el ámbito sanitario (Deng et al., 2022; Hoffman, 2021).

A pesar del gran impacto como estrategia moduladora del dolor, la evidencia actual refleja cierta limitación en cuanto a la aplicabilidad de la RV en el desempeño biomecánico de la región cervical, la mayor parte de la evidencia científica centra sus investigaciones en cuanto la regulación del dolor tras intervenciones quirúrgicas, ansiedad, kinesiofobia, rehabilitación física tras ictus o lesiones neurológicas. Es por ello que la presente investigación tiene por propósito analizar el efecto de la Realidad Virtual (RV) en la biomecánica cervical y percepción de dolor en el personal operativo.

Métodos y Materiales

Diseño del estudio

La investigación empleó un diseño cuasiexperimental de tipo cuantitativo con enfoque analítico longitudinal para la evaluación de los resultados pre-post intervención. Previo al inicio de la investigación se obtuvo la firma del consentimiento informado de cada participante para garantizar la confidencialidad y el cumplimiento de las normativas éticas aprobadas por el Comité de Ética de Seres Humanos de la Universidad Técnica de Ambato (Código 222-CEISH-UTA-2025); investigación articulada al proyecto de investigación

“Realidad Virtual y Neuromodulación en Estudiantes Universitarios” con código de aprobación PFCS61 y Resolución Nro. UTA-CONIN-2025-0144-R.

Participantes

Se seleccionaron a los individuos mediante un muestreo por conveniencia a través de la aplicación de una encuesta en línea dirigida al personal operativo pertenecientes al Zonal 3 SIS ECU 911. Para determinar la elegibilidad de la población los criterios de inclusión fueron adultos y jóvenes de 20 a 60 años, que refirieran dolor cervical mecánico con tiempo de evolución de 6 a 12 semanas, con una intensidad ≥ 3 según la escala NRS y que durante su jornada laboral utilicen dispositivos electrónicos (computadora/teléfono inteligente) ≥ 6 horas/día. Por otro lado, se excluyó a los pacientes que refirieron traumatismos cervicales, antecedentes de cirugía craneocervical, hernias discales cervicales, lesiones por latigazo cervical, mujeres embarazadas, epilepsia o crisis convulsivas, vértigo/mareo, cefaleas, trastornos visuales, trastornos vestibulares y enfermedades neurológicas.

Una vez aplicados los criterios de selección, se incluyeron 33 participantes, quienes, tras la firma del consentimiento informado, formaron parte del estudio. Es importante destacar que la asignación de la muestra al grupo de realidad virtual (GRV) y al grupo control (GC) fue de manera completamente aleatorizada.

VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables sociodemográficas (edad, género, cargo institucional), el número de horas de exposición a dispositivos electrónicos (computadora/teléfono inteligente) durante la jornada laboral y tiempo de evolución del dolor cervical fueron recopiladas mediante una encuesta en línea.

Rango de Movimiento Cervical (CROM)

Se empleo la aplicación PhysioMaster, que permite la evaluación de ángulos articulares, análisis de movimiento, análisis postural y evaluación de la marcha. Esta herramienta ha demostrado una alta validez y fiabilidad intra e interobservador (CCI entre 0,7 y 0,93) para la evaluación del rango de movimiento cervical (Wadhwa et al., 2024).

Dolor

Se utilizó la Escala numérica del Dolor (NRS) para evaluar la intensidad de la sintomatología percibida, la misma que es ampliamente aceptada por su facilidad de administración y registro de puntuación. Además, se considera como la escala más apropiada para la población adulta (Hjermstad et al., 2011; Safikhani et al., 2018). Se encuentra dividida en tres niveles de intensidad: dolor leve (1-3), dolor moderado (4-6) y dolor grave. Para su aplicación se pidió al paciente que determine su nivel dolor en función a la escala numérica (Kwame & Mohammed, 2016; Safikhani et al., 2018). Esta escala presenta una confiabilidad intra-evaluador e intra-evaluador muy alta, valores de CCI y Alfa de Cronbach que superan el 0,9 (Yani et al., 2024).

Fuerza isométrica cervical

Para este parámetro se utilizó el Dinamómetro MicroFET 2, el cual permite la evaluación cuantitativa de la capacidad muscular, medida a través de la fuerza máxima aplicada sobre la almohadilla del transductor (Du et al., 2024; Walker, 2024). Este dispositivo de evaluación posee una alta fiabilidad test retest intrasesión al evidenciar valores de Coeficientes de Correlación Intraclase (CCI) que varían entre 0,94 y 0,97. En la toma de mediciones, el paciente se encontró en sedestación (silla sin apoyabrazos), separado del respaldo de la silla y con la mirada al frente (manteniendo el cuello en posición

neutra). Para la evaluación de los flexores cervicales profundos, el dinamómetro se ubicó a nivel de la frente del paciente y se solicitó que empuje lo más fuerte que pueda durante 3 segundos. Con la misma instrucción verbal, se evaluó la musculatura extensora cervical profunda, ubicando el dinamómetro a nivel del occipucio y se solicitó al paciente que venza la resistencia aplicada. Realizaron tres intentos por cada movimiento, con descansos de 1 minuto entre cada repetición, para posteriormente calcular el promedio de los tres intentos (Versteegh et al., 2015).

Estrés laboral

La Escala de Estrés Percibido-10 (EEP-10) la cual consiste en una serie de preguntas directas que permiten conocer el nivel de estrés experimentado durante los últimos meses. La EEP-10 consta de 10 preguntas las cuales como opciones de respuesta para cada ítem son: nunca (0), casi nunca (1), de vez en cuando (2), a menudo (3) y muy a menudo (4). Para la puntuación total, los ítems 4,5,7 y 8 se califican de manera invertida, posterior, se suman los valores obtenidos en las 10 preguntas y su interpretación será 0-13 (estrés bajo), 14 a 26 (estrés moderado) y 27-40 (estrés alto). Esta escala presenta un coeficiente de omega de McDonald de 0,68 que sugiere una consistencia interna aceptable y un valor de Alfa de Cronbach de 0,65 que indica una confiabilidad moderada (Campo-Arias et al., 2014).

Procedimiento

Los programas de intervención fueron desarrollados durante 8 semanas, completando un total de 8 sesiones, con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana con una duración aproximada de 20 a 30 minutos en cada sesión.

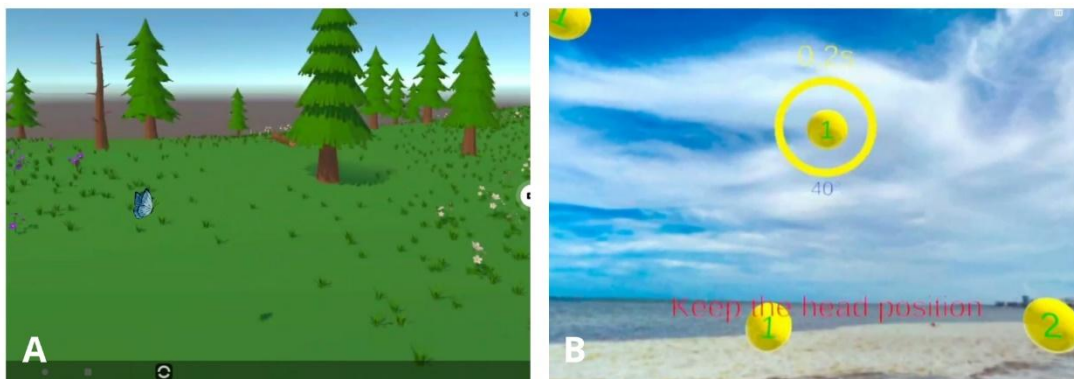
Tratamiento con Realidad Virtual

En el equipo de RV se emplearon las gafas Meta Quest 3 las cuales presentan un peso de 515g, una resolución de 2064x2208 píxeles en cada lente y sonido espacial, para los escenarios que requerían interacción del usuario se emplearon dos mandos (Büst, 2024). Las actividades de RV se desarrollaron bajo supervisión permanente, brindando instrucciones claras antes y durante la sesión, en un ambiente controlado, amplio y con iluminación adecuada, además se contaba con un registro de eventos adversos en caso de ser necesario, sin embargo, no se reportaron casos en ningún participante.

El programa de RV estaba dividido en tres fases, donde la introducción de nuevos escenarios virtuales fue de manera secuencial y progresiva para garantizar la adaptación y desafío continuo de los participantes. Durante las dos primeras fases, los participantes efectuaron las actividades en sedestación, utilizando el protocolo de 3-4 minutos de RV con descansos de 1 minuto entre cada repetición, completando así 1 serie de 3 repeticiones.

En la primera fase, como adaptación a los escenarios virtuales se proyectó un paisaje de naturaleza en el cual se realizaba la búsqueda y localización de un objetivo (una mariposa), también mediante ordenes verbales se motivó a realizar movimientos cervicales en distintas direcciones para observar el resto del escenario y que mencionen en voz alta los objetos que se encontraban observando (Figura 1A). Dentro de esta misma fase, se utilizó la aplicación "Neck Track", la cual permite el seguimiento visual y control cervical mediante el enfoque de una esfera amarilla durante 5 segundos. Se asignaron 10 objetos distribuidos por diferentes ubicaciones y específicamente en esta actividad se completaron 5 series de 10 repeticiones, con descansos de 1 minuto entre cada serie (Figura 1B).

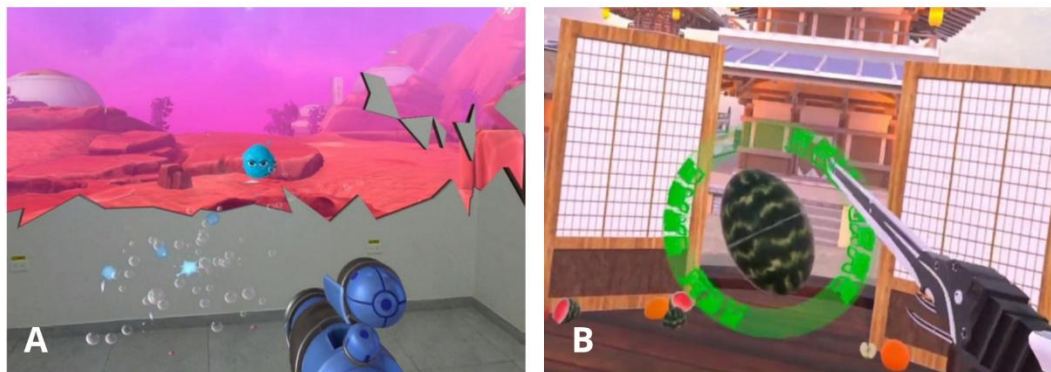
Figura 1. Actividades: Primera fase



Nota. Tareas virtuales B (Escenario virtual de Neck Track, s.f.).

Durante la segunda fase, con el objetivo de iniciar la interacción con los entornos virtuales se utilizó la aplicación “First Encounters” en la cual elementos animados que aparecían y se desplazaban por todo escenario requerían ser capturados; este seguimiento visual e interacción promovían la coordinación ojo-mano y movimientos cervicales activos (Figura 2A). Con el mismo enfoque terapéutico, se integró la actividad “Fruit Blade” la cual presentaba una serie de frutas lanzadas en distintas alturas y direcciones, la tarea virtual consistía que a través de movimientos ágiles y precisos se realice el corte de las mismas, exigiendo así esta dinámica una respuesta motora ágil, precisión en la ejecución y seguimiento visual (Figura 2B).

Figura 2. Actividades: Segunda fase



Nota. Tareas virtuales A (Escenario virtual de First Encounters, s.f.), B (Escenario virtual de Fruit Blade, s.f.).

Para la etapa final, se involucró movimientos coordinados de miembro superior a través del juego de RV “Beat Saber”, la tarea que debían realizar era el corte de una secuencia de bloques al ritmo de la música (Figura 3A). Asimismo, en esta fase, se utilizó la aplicación “Fitness Free” en la cual se deben realizar movimientos de gran amplitud como agacharse, esquivar o golpear objetos (Figura 3B). Es importante resaltar que, durante la ejecución de esta fase los participantes se encontraban de pie y se mantuvo la dosificación de las etapas anteriores.

Figura 3. Actividades: Tercera fase



Nota. Tareas virtuales A (Escenario virtual de Beat Saber, s.f.), B (Escenario virtual de Fitness Free, s.f.).

Terapia convencional

El tratamiento para el Grupo Control (GC) se enfocará en el fortalecimiento de los flexores y extensores profundos del cuello, el cual se desarrolló en base a tres fases progresivas. La primera fase que consistía en los componentes de respiración, movilidad articular y estiramientos, la segunda etapa en respiración, movilidad cervical, fortalecimiento (básico) y estiramientos y la fase final se centró en la respiración, fortalecimiento (básico y avanzado) y estiramientos.

Figura 4. *Ejercicios cervicales convencionales*



Nota. Elaboración propia (2026). (A) Respiración; (B) Movilidad Articular; (C) Fortalecimiento básico y avanzado; (D) Estiramientos.

Análisis de resultados

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS (V24.0) utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos obtenidos. En las variables cuantitativas se emplearon medias, medianas y desviación estándar, y en el caso de parámetros cualitativos frecuencias y porcentajes. Respecto a los datos paramétricos, para evidenciar las diferencias intragrupo entre la pre y post-intervención, se aplicó la T de Student para muestras relacionadas y en el caso de valores no paramétricos la prueba de Wilcoxon y se consideró un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Tras cumplir los criterios de elegibilidad como se muestra en la Tabla 1 se incluyeron a 33 participantes. El GC con una edad promedio de $38,5 \pm 7,8$, formado por 11 mujeres (73,3%) y 4 hombres (26,7%) y el tiempo de evolución del dolor de 1 a 2 meses (46,7%) y más de 2 meses (53,3%). En el caso del GRV su edad promedio fue de $39,5 \pm 7,3$, siendo

11 mujeres (61,1%) y 7 hombres (38,9%) y un tiempo de evolución del dolor equitativa del 50% en cada grupo.

Tabla 1. Datos sociodemográficos.

		GC		GRV	
		n	%	n	%
SEXO	Masculino	11	73,3	11	61,1
	Femenino	4	26,7	7	38,9
EDAD	23-28	4	26,7	1	5,6
	29-34	1	6,7	2	11,1
	35-40	5	33,3	7	38,9
	41-46	3	20	5	27,8
	47-52	2	13,3	2	11,1
	53-58	-	-	1	5,6
Tiempo evolución del dolor	1 a 2 meses	7	46,7	9	50
	> 2 meses	8	53,3	9	50
Total		15	100	18	100

Nota. Elaboración propia (2026)

En el análisis intragrupo (Tabla 2), ambos grupos registran una reducción significativa de la intensidad del dolor ($p < 0,05$). En cuanto a CROM, el GRV evidencia una mejora significativa en todos los movimientos cervicales y en la percepción del estrés ($p < 0,05$), contrario al GC que no registra resultados significativos en la rotación derecha ($p = 0,541$) y con un hallazgo similar en la percepción del estrés ($p = 0,189$), en cuanto a la fuerza isométrica cervical de flexión y extensión ambos grupos presentan resultados estadísticamente significativos post-intervención.

Tabla 2. Diferencias intragrupalas en las medidas de los resultados

Variables del estudio	GC					GRV					
	PRE		POST		P valor	PRE		POST		P valor	
	n/m	%/DE	n/m	%/DE		n/m	%/DE	n/m	%/DE		
Dolor	Leve	6	40	11	73,3	0,004	3	16,7	4	22,2	0,00
	Moderado	7	46,7	4	26,7		11	61,1	13	72,2	
	Severo	2	13,3				4	22,2	1	5,6	
Flexión		37,8	10,778	39,8	10,489	0,002	31,11	8,38	33,39	8,41	0,00
Extensión		47,07	6,798	49,67	6,332	0,00	46,11	8,457	48,11	8,963	0,00
Inclinación derecha		32,87	8,114	38,6	7,872	0,00	28,5	7,477	41,5	6,243	0,00
Inclinación Izquierda		34,87	7,909	41,67	7,499	0,00	31,06	8,516	42,33	6,651	0,00
Rotación derecha		63,73	4,818	65	7,819	0,541	53,94	12,144	63,61	9,593	0,00
Rotación Izquierda		61,6	9,62	65,13	7,328	0,001	51,39	15,557	60,83	13,143	0,00
Fuerza Flexores		1,28	0,27308	1,3667	0,19518	0,013	1,2278	0,2109	1,3222	0,22637	0,002
Fuerza Extensores		1,2633	0,29305	1,32	0,27568	0,018	1,2889	0,24227	1,3556	0,21753	0,01
Estrés	Bajo	4	26,7	7	46,7	0,189	5	27,8	9	50	0,042
	Moderado	10	66,7	7	46,7		13	72,2	9	50	
	Alto	1	6,7	1	6,7		-	-	-	-	
Total		15					18				

Nota: Elaboración propia, (2025)

Discusión

La presente investigación analizó el efecto de la realidad virtual en la biomecánica cervical y percepción de dolor en el personal operativo, dentro de los principales hallazgos ambos grupos reportaron resultados significativos en cuanto a la intensidad del dolor y mejora de la biomecánica cervical. No obstante, dentro de los resultados por parte del GC no se registra un efecto en cuanto a la percepción de estrés contrario al GRV.

En el análisis intragrupo del GC se demuestra la disminución de la intensidad del dolor y el incremento de la fuerza isométrica cervical en la flexión y extensión, asimismo un incremento en el rango del movimiento cervical (CROM) excepto en el movimiento de rotación derecha ($p > 0,05$), resultado similar obtenido en el estudio de Tejera et al. (2020) donde no existió una mejora significativa en las rotaciones cervicales en su GC. De la misma

manera se obtuvo un resultado similar en la Escala de Percepción del Estrés (EEP-10) la cual no fue estadísticamente significativa dentro de este grupo ($p>0,05$), resultado semejante a los recabados por Demircioğlu & Genç (2025) el cual no registró diferencias significativas en la percepción del estrés tras la aplicación de un protocolo de ejercicios convencionales para mejorar el dolor cervical ($p=0,058$).

Por otro lado, los efectos registrados en el GRV evidencian el impacto de esta alternativa terapéutica en cada una de las variables presentadas en comparación con sus medidas iniciales, dentro de ellos destaca la disminución significativa de la intensidad del dolor datos semejantes a los descritos por Guo et al. (2024) y Tejera et al. (2020), donde atribuyen a la RV un efecto analgésico inmediato y el cual se conserva tras 3 meses de seguimiento ($p<0,01$). Este efecto analgésico, estudiado por Hayashi et al. (2019) postulan que se efectúa gracias a la intervención de mecanismos distractores del dolor efectuados por las condiciones cognitivas (atención, memoria, emoción e integración sensorial) que demandan las actividades inmersivas de la RV, tanto el efecto analgésico como distractor se generan gracias a la modulación intercortical entre las vías de señalización de la red del dolor.

A nivel cerebral, el uso de la RV evidencia una reducción significativa de la actividad de regiones claves como la corteza cingulada anterior (CCA), la corteza somatosensorial primaria (S1), la corteza somatosensorial secundaria (S2), el tálamo y la ínsula, estructuras implicadas con el procesamiento sensorial y emocional del dolor (Hoffman et al., 2004). En línea con estos resultados, Deng et al. (2025) reportó una disminución en la conectividad funcional entre S1 y las regiones visomotoras-auditivas específicamente el lóbulo occipital, la corteza premotora y el giro temporal superior, los autores sugieren que la reducción de esta interconexión se debe a que las zonas corticales visomotoras-auditivas requieren mayor activación intracortical y mayor interacción con los entornos de RV, disminuyendo

así su conexión con S1, lo que sugiere que esta desconexión funcional podría interrumpir las señales ascendentes del dolor hacia S1, favoreciendo al efecto analgésico.

La integración multisensorial de las actividades con RV permiten la activación simultánea de regiones cerebrales asociadas con la visión, audición y el procesamiento sensoriomotor, esta naturaleza inmersiva e interactiva de los escenarios virtuales promueven la participación activa del participante y donde la retroalimentación visual y auditiva proporcionada por estas actividades actúan como estímulo para la activación del sistema corticoespinal, incrementando así el reclutamiento muscular y por ende mejorando las funciones cinemáticas cervicales (Guo et al., 2024).

De manera similar, Tejera et al. (2020) atribuye el incremento del CROM al feedback del entrenamiento con RV y estudios como de Fowler et al. (2019) acreditan que los movimientos ágiles y rápidos que requieren estos entornos favorecen movimientos cervicales más fluidos y con menos temor al movimiento. En concordancia con estos resultados, autores como Nusser et al. (2021) demuestran una mejora significativa del CROM en todas sus direcciones, al igual que Guo et al. (2024) en el cual su efecto perdura tras 3 meses de seguimiento, hallazgos que respaldan los resultados obtenidos en la presente investigación.

Si bien existe una limitada evidencia científica en cuanto al efecto de la RV sobre la fuerza isométrica cervical, el estudio desarrollado por Bahat et al. (2020) que reporta mejoras en cuanto a la fuerza isométrica extensora ($p < 0,05$) del grupo de RV guarda relación con los resultados obtenidos en la investigación. Este incremento de la fuerza cervical se podría explicar por los elementos personales y contextuales que involucran los movimientos repetitivos y guiados, y los cuales promueven la activación y reclutamiento de la musculatura cervical (Guo et al., 2024); sin embargo, debido a la escasa literatura entorno

a esta variable, se necesitan más investigaciones que aborden con mayor profundidad este efecto.

El uso de la RV también destaca como herramienta prometedora en el manejo de estrés y estrategia de relajación, autores como Kamiska et al. (2020) que demuestran una reducción significativa de estrés leve y moderado corroboran los resultados obtenidos en nuestra investigación. Esta combinación de estimulación auditivos y visuales de los entornos virtuales generan la activación del sistema parasimpático, a la par que desencadenan relajación, mejora los niveles de estrés y el estado de ánimo (Kamiska et al., 2020; Riches et al., 2021). Asimismo, estudios previos destacan el beneficio de la aplicación de estrategias virtuales en poblaciones trabajadoras expuestas a altos índices de estrés, evidenciado una respuesta favorable tras su implementación (Gaggioli et al., 2014; Pretsch et al., 2020).

Conclusiones

Nuestros hallazgos evidencian el impacto de la Realidad Virtual dentro de entornos los terapéuticos, reconociendo así su influencia en la percepción dolorosa, la biomecánica cervical, la fuerza muscular y el bienestar emocional. Estos resultados sugieren reconocer a esta tecnología inmersiva como una alternativa eficaz para tratamiento de alteraciones musculoesqueléticas en la rehabilitación cervical. Para futuras investigaciones, se sugiere considerar el uso de entornos virtuales que cuenten con estímulos sensoriomotores y auditivos con el fin de registrar el efecto analgésico, distractor e inmersivo característicos de esta tecnología.

Referencias bibliográficas

- Abbas, J. R., O'Connor, A., Ganapathy, E., Isba, R., Payton, A., McGrath, B., Tolley, N., & Bruce, I. A. (2023). What is Virtual Reality? A healthcare-focused systematic review of definitions. In *Health Policy and Technology*. Elsevier B.V, 12(2). <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2023.100741>
- Bahat, H. S., German, D., Palomo, G., Gold, H., & Nir, Y. F. (2020). Self-Kinematic Training for Flight-Associated Neck Pain: a Randomized Controlled Trial. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 91(10), 790–797. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5546.2020>
- Bansode, N., Bhosle, P., & Ingle, M. (2023). Prevalence of Neck Pain among Laptop Users in Administrative Staff. *International Journal of Health Sciences and Research*, 12(7), 1–10. <https://doi.org/10.21275/SR23701134010>
- Büst, M. (2024). Data sheet Meta Quest 3 Specifications.
- Campo-Arias, A., Oviedo, H. C., & Herazo, E. (2014). The psychometric performance of the perceived stress scale-10 on medical students from bucaramanga, Colombia. *Revista Facultad de Medicina*, 62(3), 407–413. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v62n3.43735>
- Demircioğlu, G., & Genç, H. (2025). Evaluating the Effectiveness of Interventions for Neck Pain in University Students with Problematic Internet Use: A Randomized Trial. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 0(26), 418–429. <https://doi.org/10.38079/igusabder.1531027>
- Deng, X., Jian, C., Yang, Q., Jiang, N., Huang, Z., & Zhao, S. (2022). The analgesic effect of different interactive modes of virtual reality: A prospective functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Frontiers in Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.1033155>
- Deng, X., Jiang, N., Huang, Z., & Wang, Q. (2025). Cortical Activation and Functional Connectivity Response to Different Interactive Modes of Virtual Reality (VR)-Induced Analgesia: A Prospective Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study. *Journal of Pain Research*, 18, 1095–1108. <https://doi.org/10.2147/JPR.S492361>
- Du, W., Cornett, K. M. D., Donlevy, G. A., Burns, J., & McKay, M. J. (2024). Variability between Different Hand-Held Dynamometers for Measuring Muscle Strength. *Sensors*, 24(6). <https://doi.org/10.3390/s24061861>
- Faidullah, H. Z., Jalayondeja, W., Jalayondeja, C., Yassierli, Y., & Bhuanantanondh, P. (2026). Developing and validating prediction models for low back pain and neck pain in office workers: a cross-sectional study. *Scientific Reports*, 16(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-30575-4>
- Fida, Y. (2022). Factors Leading to Cervical Pain among Display Screen Equipment Operators; An Observational Study. *The Healer Journal of Physiotherapy and Rehabilitation Sciences*, 2(2), 155–161. <https://doi.org/10.55735/hjprs.v2i2.77>
-

- Fowler, C. A., Ballistrea, L. M., Mazzone, K. E., Martin, A. M., Kaplan, H., Kip, K. E., Murphy, J. L., & Winkler, S. L. (2019). A virtual reality intervention for fear of movement for Veterans with chronic pain: Protocol for a feasibility study. *Pilot and Feasibility Studies*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40814-019-0501-y>
- Gaggioli, A., Pallavicini, F., Morganti, L., Serino, S., Scaratti, C., Briguglio, M., Crifaci, G., Vetrano, N., Giulintano, A., Bernava, G., Tartarisco, G., Pioggia, G., Raspelli, S., Cipresso, P., Vigna, C., Grassi, A., Baruffi, M., Wiederhold, B., & Riva, G. (2014). Experiential virtual scenarios with real-time monitoring (interreality) for the management of psychological stress: A block randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 16(7). <https://doi.org/10.2196/jmir.3235>
- Guo, Q., Zhang, L., Han, L. L., Gui, C., Chen, G., Ling, C., Wang, W., & Gao, Q. (2024). Effects of Virtual Reality Therapy Combined With Conventional Rehabilitation on Pain, Kinematic Function, and Disability in Patients With Chronic Neck Pain: Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*, 12. <https://doi.org/10.2196/42829>
- Hayashi, K., Aono, S., Shiro, Y., & Ushida, T. (2019). Effects of Virtual Reality-Based Exercise Imagery on Pain in Healthy Individuals. *BioMed Research International*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5021914>
- Hjermstad, M. J., Fayers, P. M., Haugen, D. F., Caraceni, A., Hanks, G. W., Loge, J. H., Fainsinger, R., Aass, N., & Kaasa, S. (2011). Studies comparing numerical rating scales, verbal rating scales, and visual analogue scales for assessment of pain intensity in adults: A systematic literature review. *Journal of Pain and Symptom Management*, 41(6), 1073–1093. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2010.08.016>
- Hoffman, H. G. (2021). Interacting with virtual objects via embodied avatar hands reduces pain intensity and diverts attention. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89526-4>
- Hoffman, H. G., Richards, T. L., Coda, B., Bills, A. R., Blough, D., Richards, A. L., & Sharar, S. R. (2004). Modulation of thermal pain-related brain activity with virtual reality: Evidence from fMRI. *NeuroReport*, 15(8), 1245–1248. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000127826.73576.91>
- Kamiska, D., Smóka, K., Zwoliski, G., Wiak, S. A., Merecz-Kot, D., & Anbarjafari, G. (2020). Stress Reduction Using Bilateral Stimulation in Virtual Reality. *IEEE Access*, 8, 200351–200366. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3035540>
- Kwame, E., & Mohammed, B. (2016). International Journal of Women's Health and Wellness Menstrual Pain Assessment: Comparing Verbal Rating Scale (VRS) with Numerical Rating Scales (NRS) as Pain Measurement Tools. *Int J Womens Health Wellness*, 2(1), 17. [10.23937/2474-1353/1510017](https://doi.org/10.23937/2474-1353/1510017)
- Malińska, M., Bugajska, J., & Bartuzi, P. (2021). Occupational and non-occupational risk factors for neck and lower back pain among computer workers: a cross-sectional study. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27(4), 1108–1115. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1899650>
-

- Meuwissen, I., Vanderstraeten, R., Roussel, N. A., Meeus, M., Van Eetvelde, J. S., Meus, T., Timmermans, A. A. A., & Verbrugge, J. (2025). Contributors to Adherence to Exercise Therapy in Non-Specific Chronic Low Back Pain: A Systematic Review of Qualitative and Quantitative Research. In *Journal of Clinical Medicine. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/jcm14176251>
- Mohammadian, M., Mollahoseini, S., & Naghibzadeh-Tahami, A. (2025). Musculoskeletal disorders among office workers: prevalence, ergonomic risk factors, and their interrelationships. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-30155-6>
- Nakazato, T., Quezada, P., Gutiérrez, C., & Román, F. (2024). Chronic Neck Pain Prevalence Before and After COVID-19 Restrictions and Its Relationship With Digital Device Screen Viewing: A Population Study. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 48(2), 124–134. <https://doi.org/10.5535/arm.230030>
- Nusser, M., Kramer, M., Knapp, S., & Krischak, G. (2021). Effects of virtual reality-based neck-specific sensorimotor training in patients with chronic neck pain: A randomized controlled pilot trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 53. <https://doi.org/10.2340/16501977-2786>
- Ossipov, M. H., Dussor, G. O., & Porreca, F. (2010). Central modulation of pain. *Journal of Clinical Investigation*, 120(11), 3779–3787. <https://doi.org/10.1172/JCI43766>
- Pretsch, E., Saretzki, J., Kraus, H., & Grossmann, G. (2020). Improving Employee Well-Being by Means of Virtual Reality-REALEX: An Empirical Case Study. *European Journal of Economics and Business Studies*, 6(1). <https://doi.org/10.26417/519mvt88n>
- Riches, S., Azevedo, L., Bird, L., Pisani, S., & Valmaggia, L. (2021). Virtual reality relaxation for the general population: a systematic review. In *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 56(10), 1707–1727 <https://doi.org/10.1007/s00127-021-02110-z>
- Safikhani, S., Gries, K. S., Trudeau, J. J., Reasner, D., Rüdell, K., Coons, S. J., Bush, E. N., Hanlon, J., Abraham, L., & Vernon, M. (2018). Response scale selection in adult pain measures: Results from a literature review. In *Journal of Patient-Reported Outcomes*. Springer, 2. <https://doi.org/10.1186/s41687-018-0053-6>
- Tejera, D. M., Beltran-Alacreu, H., Cano-De-la-cuerda, R., Hernández, J. V. L., Martín-Pintado-zugasti, A., Calvo-Lobo, C., Gil-Martínez, A., & Fernández-Carnero, J. (2020). Effects of virtual reality versus exercise on pain, functional, somatosensory and psychosocial outcomes in patients with non-specific chronic neck pain: A randomized clinical trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165950>
- Versteegh, T. H., Beaudet, D., Greenbaum, M., Hellyer, L., Tritton, A., & Walton, D. (2015). Evaluating the reliability of a novel neck-strength assessment protocol for
-

healthy adults using self-generated resistance with a hand-held dynamometer. *Physiotherapy Canada*, 67(1), 58–64. <https://doi.org/10.3138/ptc.2013-66>

Wadhwa, M., Panchwan, M., Arunmozhi, R., Verma, V., & Singh, S. (2024). Reliability and Criterion Validity of Physio Master Application for the Measurement of Cervical Range of Motion in Healthy Individuals. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.73723>

Walker, S. (2024). MICROFET 2 GUÍA DEL USUARIO.

Wen, S., Muñoz, J., Mancilla, M., Bornhardt, T., Riveros, A., & Iturriaga, V. (2020). Mecanismos de Modulación Central del Dolor: Revisión de la Literatura Mechanisms of Central Pain Modulation: Literature Review. In *Int. J. Morphol*, 38(6). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022020000601803>

Xi, N., & Hamari, J. (2021). Shopping in virtual reality: A literature review and future agenda. *Journal of Business Research*, 134, 37–58. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.075>

Yani, J. A., Kartasura, K., Sukoharjo, K., Tengah, J., Risky Adha, F., & Rosella Komalasari, D. (2024). VALIDITY AND RELIABILITY OF THE NUMERIC RATING SCALE IN NON-MYOGENIC LOW BACK PAIN PATIENTS. University Muhammadiyah Surakarta (UMS).

Ye, S., Jing, Q., Wei, C., & Lu, J. (2017). Risk factors of non-specific neck pain and low back pain in computer-using office workers in China: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 7(4). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014914>

Zurita, C., & Toasa, R. (2025). La integración de la realidad virtual en la rehabilitación física. *Revista Ecuatoriana De Ciencias De La Salud Alianza Del Sur*, 2(1). <https://doi.org/10.69583/recsas.v2n1.2025.156> .
