TecnoLógicas

# Análisis comparativo entre una videoconferencia tradicional y una tipo inmersivo para señalizar deícticamente

## Comparative Analysis Between a Traditional Video Conference and an Immersive Type for Deictic Signaling

Juan Fernando Flórez Marulanda[1]; Diego Fernando Valencia Mesa[1]; Elena Muñoz España[1]; César Collazos[1]; Julio Ariel Hurtado Alegría[1]; Christian Sturm[2]

[1]Universidad del Cauca, Popayán – Colombia
[2]Technische Hochschule Ingolstadt, Ingolstadt - Alemania

Correspondencia: jflorez@unicauca.edu.co

**Recibido:** 19 Julio 2025 **Aceptado:** 27 Abril 2026 **Disponible:** 26 Mayo 2026

**Cómo citar / How to cite**
J. F. Flórez Marulanda, D. F. Valencia Mesa, E. Muñoz España, C. Collazos, J. A. Hurtado Alegría, and C. Sturm, "Análisis comparativo entre una videoconferencia tradicional y una tipo inmersivo para señalizar deícticamente," *TecnoLógicas*, vol. 29, no. 66, e3573, 2026.
https://doi.org/10.22430/22565337.3573

CC BY NC SA

## Resumen

Los sistemas de videoconferencia (SVC) se utilizan ampliamente en educación online e híbrida; sin embargo, aún presentan limitaciones. El objetivo de este trabajo fue comparar la percepción de inmersión, comunicación y presencia social mediada por un SVC tradicional frente a una inmersiva durante una actividad de asesoría a distancia. Para ello, se diseñó una SVC inmersiva con coherencia espacial que permite a cada participante variar la posición de su imagen y señalar de forma aumentada sobre las diapositivas. La metodología utilizada fue un cuasiexperimento con dos grupos: control y tratamiento. Se realizaron dos videos de asesoría (un profesor con dos estudiantes): uno con el SVC tradicional (control) y otro con el SVC inmersivo (tratamiento), que fueron presentados a cada grupo. Se obtuvieron respuestas de percepción de 43 estudiantes observadores mediante cuestionarios cuantitativos (escala de Likert) y preguntas abiertas. Los resultados obtenidos (test t y Mann-Whitney) no mostraron diferencias significativas en la percepción de inmersión ni de comunicación (p-value de 0.47103 y 0.53044) entre los dos SVC. Sin embargo, una prueba t indicó una diferencia significativa (p-value = 0.042) en la percepción de la presencia social en el SVC inmersivo con respecto al tradicional. La capacidad de cambiar de lugar la imagen del participante, junto a las interacciones estudiante-profesor y estudiante-estudiante, se percibió como elemento positivo en el SVC inmersivo, pero no así la señalización deíctica aumentada. El análisis cualitativo reveló una neutralidad evaluativa de los observadores entre los SVC debido a limitaciones técnicas (latencia, retrasos de audio y manejo complejo del señalizador). Se concluye que la coherencia espacial del SVC inmersivo favorece la percepción de inmersión, pero beneficia significativamente la presencia social, ya que facilita observar gestos, percibir emociones y señalizar con el cuerpo. Las investigaciones futuras deberán abordar los aspectos técnicos limitantes del prototipo actual del SVC inmersivo.

## Palabras clave

Aprendizaje a distancia, aprendizaje inmersivo, enseñanza asistida por computador, videoconferencia, virtualidad aumentada.

## Abstract

Videoconferencing systems (VCS) are widely used in hybrid and online education; however, they remain limited. The aim of this study was to compare the perception of immersion, communication, and social presence mediated by a traditional VCS versus an immersive VCS during a remote tutoring activity. To this end, an immersive VCS with spatial coherence was designed, allowing each participant to vary his image position and make augmented signaling on the slides. The methodology used was a quasi-experiment with two groups: control and treatment. Two tutoring videos (one professor with two students) were recorded: one using traditional VCS (control) and the other using immersive VCS (treatment), which were presented to each group. Perception responses were obtained from 43 student observers using quantitative questionnaires (Likert scale) and open-ended questions. The results obtained (t-test and Mann-Whitney tests) did not show significant differences in perceived immersion or communication (p-values of 0.47103 and 0.53044, respectively) between the two VCS. However, a t-test indicated a significant difference (p-value = 0.042) in perceived social presence between immersive VCS and traditional VCS. The ability to change the participant's image position, along with student-teacher and student-student interactions, was perceived as a positive element of the immersive VCS, whereas augmented deictic signaling was not. Qualitative analysis revealed evaluative neutrality among observers between VCSs due to technical limitations (latency, audio delays, and complex handling of the signaling device). It is concluded that the spatial coherence of immersive VCS enhances immersion perception and significantly benefits social presence by facilitating observation of gestures, perception of emotions, and bodily signaling. Future research should address the limiting technical aspects of the current immersive SVC prototype.

## Keywords

Distance learning, immersive learning, computer aided instruction, video conferencing, augmented virtuality.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de videoconferencia (SVC) al igual que los sistemas de comunicación (SC) más inmersivos soportados en realidad virtual (VR por sus siglas en inglés) y aumentada (AR por sus siglas en inglés) se han usado a pequeña escala en educación remota desde hace décadas [1], [2]. Sin embargo, durante la pandemia COVID 19 se hicieron evidentes los problemas de atención y compromiso en estudiantes al usar masivamente estas diferentes tecnologías, principalmente los SVC tradicionales o comerciales, sin tener en cuenta su diseño simple y los cambios instruccionales que se debían introducir [3], [4]. Los resultados de SC inmersivos basados en VR y AR tampoco fueron mejores, como lo evidencia el estudio comparativo de [5] y la compilación en VR de [6].

Los SVC tradicionales presentan la ventaja de permitir ver los rostros de los participantes durante la reunión [5], y los SC inmersivos tienen la desventaja de la distracción introducida por el mundo virtual [6], al igual que el costo y complejidad de hardware introducida por los visores [7]. En el contexto anterior se desarrollaron la educación y el trabajo remoto durante la pandemia, con participantes que experimentaron bajos niveles de compromiso y alta fatiga al final del día, mientras se usaban masivamente los SVC tradicionales. Sin embargo, gracias a los anteriores problemas identificados en los SVC tradicionales durante el periodo de confinamiento por COVID 19, tanto empresas, centros de investigación como investigadores hicieron valiosa investigación y desarrollo (I+D) en SVC [8].

Son relevantes para el presente trabajo la I+D realizada por investigadores en SVC, tanto metodológicos como inmersivos. Por ejemplo, en la experiencia compilada por [9] los autores invitan a integrar en los entornos de educación remota elementos metodológicos identificados como exitosos del mundo de videojuegos y de la transmisión en vivo como: (a) medir y motivar el desempeño, (b) permitir a los usuarios interactuar directamente con los creadores, (c) captar y mantener la atención de los usuarios, (d) crear comunidad y (e) curado o selección de los contenidos publicados. En lo que respecta a la inmersión, los autores de [10] experimentaron con un estilo de video para formato de videoconferencia llamado “presencia del instructor en la diapositiva”, el cual permite en el instructor: una sensación de inmersión, una mayor expresividad y una mejor interacción con su material enseñado. Mientras en [11], el autor experimentó y comparó entre sí cuatro estilos de video tanto de formato de videoconferencia como de transmisión en vivo: a) “cabeza hablante”, b) “orador al lado de la diapositiva”, c)

"orador dentro de la diapositiva" y d) "tablero de luz". Los estilos reportados en [10] y [11] se utilizaron en una configuración de educación a distancia o virtual, donde tanto los estudiantes como el instructor se encuentran dispersos geográficamente.

En la actualidad, hay un alto interés por modelos de educación híbrida que combinen la virtualidad con la presencialidad para aumentar la cobertura, entre otros beneficios [12]. Sin embargo, tanto los modelos virtuales como los híbridos conllevan diferentes desafíos por atender que los actuales estilos de video usados en los SVC podrían subsanar. Por ejemplo, en los estilos de video evaluados en [10], [11] se identifica un potencial incremento en el constructo multidimensional de "presencia" del instructor [13]. Este constructo implica tanto una presencia espacial, una presencia social como una co-presencia [14]. El incremento es particularmente notable en las dimensiones de presencia espacial (telepresencia) [15] y de presencia social [15]-[17], del instructor. Por ejemplo, con respecto a la telepresencia en los diferentes estilos de video, el instructor percibe una sensación de "estar ahí" en el ambiente virtual, como si estuviera físicamente inmerso. Con respecto a la presencia social, es evidente que, en la mayoría de los estilos de video usados en [10], [11], el instructor comunica mucho mejor sus comportamientos de inmediatez no verbales [18] con la mayor parte de su cuerpo, lo que facilita la señalización deíctica del material enseñado. Esta característica es mínima con el típico estilo de video usado por las SVC tradicionales, cuando se comparte pantalla con los estudiantes y el video del instructor se reduce aún más en tamaño (denominado "cabeza hablante"). Pero, con respecto a la co-presencia [19], [20] en todos los estilos de video reportados en [10] y [11] esta es mínima. Esto último se debe a la naturaleza asimétrica [21] empleada en la mayoría de los estilos de video en los SVC inmersivos reportados en [10] y [11], ya que solo hay percepción de inmersión y capacidad de señalización deíctica en el entorno virtual en el camino hacia el instructor, y no hacia el resto de los participantes.

Con respecto a los antecedentes de la presente investigación, desde principios del presente siglo ya se plantearon trabajos [18] donde se proponían alternativas para atender problemáticas presentes en las actividades mediadas por SVC, asociadas a audio, técnicas y de comportamiento. El problema de la realimentación de audio y el comportamiento de los participantes fueron las principales fuentes de problemas identificados en [1]. El cómo abordar o diseñar la telepresencia en un SVC también fue un problema atacado desde proponer marcos de trabajo con múltiples escenarios para su diseño [19] hasta recomendaciones de cómo usar robots para representar a los participantes remotos [20], sin embargo, la telepresencia efectiva aún es un problema por resolver.

Un primer trabajo para aumentar las prestaciones de un SVC orientado hacia aprendizaje sincrónico remoto fue realizado en [1] aunque en estas dos primeras décadas se realizaron, muchos otros trabajos aislados en SVC [22]. Como se ha señalado previamente, fue a partir del confinamiento por pandemia COVID19 y la consecuente investigación en fatiga por videoconferencia [23], [24] que tanto proveedores de SVC [25] como grupos de investigación realizaron avances técnicos en diseño de SVC y experimentaron con: sistemas de referencia espacial [26], [27], tele inmersión en teatro [27], [28], ilusión de fuerza direccional [29], realidad aumentada [10], [30]-[32] y alternativas de manipulación directa multimodal aplicados a SVC [33].

Los diferentes trabajos de mejora en SVC no han sido orientados necesariamente a escenarios de aprendizaje sincrónico ni han hecho mediciones de compromiso, aunque a la fecha solamente un trabajo ha abordado con rigurosidad la temática de co-presencia en SVC [26]. A pesar de ello, las tendencias en investigación en este campo planteadas en [34] señalan la asimetría y la adaptación a la reunión como factores relevantes en el uso de un SVC en aprendizaje sincrónico.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una evaluación comparativa entre un SVC tradicional y un SVC inmersivo midiendo tres constructos: inmersión, comunicación y presencia social. Este artículo es una versión ampliada y mejorada de nuestra investigación publicada en las memorias de las XI Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano-Computadora [35]. Donde no solo se aborda el desafío del factor inmersión, sino también de los factores de comunicación y presencia social, tanto del instructor como del resto de

participantes en una actividad de asesoría en educación remota sincrónica, mediada por un SVC en modo inmersivo simétrico. A la SVC se le habilita un mecanismo de coherencia espacial por medio de un preprocesamiento previo del video de cada participante para permitir señalización deíctica aumentada en un entorno simétrico a todos ellos. El artículo presenta en la sección 2 el método y materiales relacionados. En las secciones 3 y 4 se presentan los resultados, una discusión y las respuestas a las preguntas de investigación. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y los trabajos futuros.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó y grabó una actividad de asesoría entre dos estudiantes y un instructor realizada en dos tecnologías de SVC: inmersiva y tradicional. Para medir la percepción de inmersión, comunicación y presencia social en cada SVC se implementó un cuasiexperimento donde se invitó a dos grupos de estudiantes observadores para responder un cuestionario. Se utilizó un enfoque mixto, en el que se recopilaron datos cuantitativos y cualitativos para realizar un análisis inferencial de la percepción de los estudiantes observadores sobre la experiencia de asesoría en cada SVC, y un análisis temático para procesar sus recomendaciones al respecto. Todo ello con el fin de responder las siguientes tres preguntas:

Q1. ¿Cuáles son los efectos en la percepción de inmersión de observar los flujos de video de los participantes flotando y usar señalización deíctica aumentada sobre el material enseñado cuando se usa un sistema de videoconferencia?

Q2. ¿Cuáles son los efectos en la percepción de comunicación entre los participantes al observar el profesor y estudiantes usando señalización deíctica aumentada sobre el material enseñado cuando se usa un sistema de videoconferencia?

Q3. ¿Cuáles son los efectos en la percepción de presencia social al observar los flujos de video de los participantes usando señalización deíctica aumentada sobre el material enseñado cuando se usa un sistema de videoconferencia?

### 2.1 Sistemas de videoconferencia inmersiva

La SVC inmersiva se denomina AVI 2.0. Esta es una evolución del trabajo Aula Virtual Inmersiva (AVI) realizado por los autores en [17]. El SVC inversivo consiste en la interacción entre un módulo ejecutable Python que procesa individualmente el video de todo participante y se lo comparte como una cámara virtual a la videoconferencia Zoom. El módulo Python de AVI 2.0 procesa el video garantizando coherencia espacial; esto es, configura un mismo marco de referencia (canvas) para permitir el uso de señalización deíctica aumentada más allá de los límites convencionales del video del participante. Esto se puede hacer bien sea señalizando con la mano o con una vara de virtualidad aumentada. La interfaz Python AVI 2.0 permite que cada participante desplace con su ratón la imagen de su video y usar un señalizador virtual (ver Figura 1). Esto habilita la señalización sobre el material o contenido explicado en la actividad de asesoría. AVI 2.0 busca garantizar una experiencia de inmersión simétrica para todos los participantes que usen su interfaz para acceder a Zoom. Para ello, se aprovecha el modo inmersivo que ofrece Zoom de superponer o traslapar el video de la cámara virtual AVI 2.0 de cada participante que ingresa a la reunión de Zoom.

Las Figuras 2a y 2b ilustran las características diferenciales de usar AVI 2.0 con el modo inmersivo de Zoom en una reunión: a) video de los participantes flotando libremente sobre el material enseñado; b) coherencia espacial entre todos los videos y el material enseñado; y c) señalización deíctica aumentada más allá del marco original del video del participante.

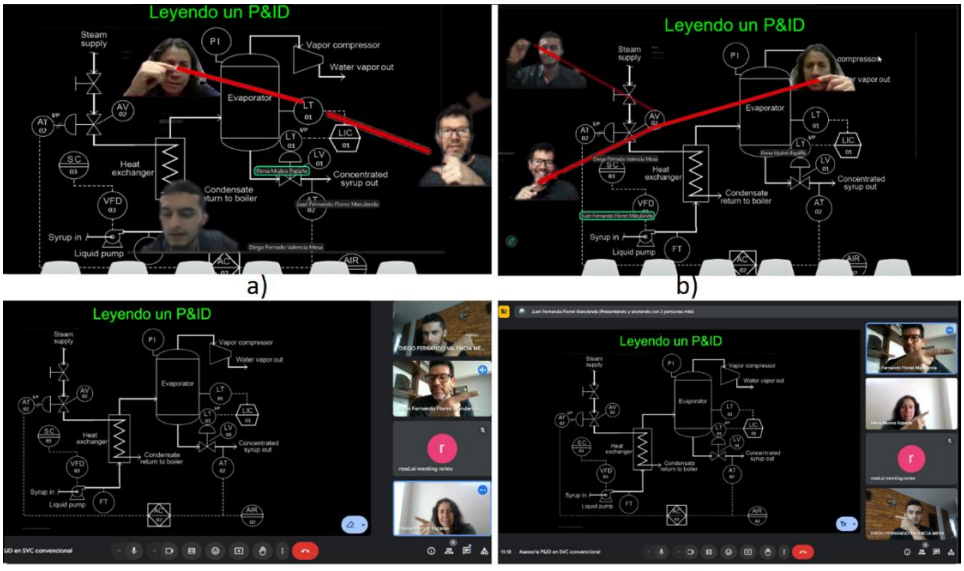
El procesamiento de video realizado en AVI 2.0 permite que cada participante, además de las características b) y c) ya descritas, pueda: 1) desplazarse libremente sobre el material enseñado, 2) escribir sobre el material enseñado, 3) resaltar el material enseñado, 4) invertir el

flujo del video y 5) modificar la extensión de su señalizador deíctico. Las características b) y c) y las cinco funcionalidades listadas no se cumplen en un SVC tradicional como se ilustra en las Figuras 2c y 2d. La SVC tradicional usada es la herramienta comercial *Google Meets*. En ambas experiencias de asesoría grabadas se utiliza la misma diapositiva para presentar un diagrama de proceso e instrumentación (P&ID); dicho diagrama constituye el material enseñado sobre el cual se realiza la actividad de asesoría (ver Figura 2).




a) b) c)

**Figura 1.** a) Flujo de video de la cámara web del participante; b) Interfaz Python AVI 2.0 tipo Canvas que contiene el video segmentado del participante; y c) Participante usando en la interfaz AVI 2.0 la vara virtual sobre un material explicado. Fuente: elaboración propia




a) b)

c) d)

**Figura 2.** Tecnologías de SVC usadas. a) y b) SVC inmersiva, coherencia espacial y señalización deíctica aumentada. c) y d) SVC tradicional, vistas diferentes para cada participante sin coherencia espacial. Fuente: elaboración propia.

El diseño experimental implicó hacer uso de un preprocesamiento en Python de los flujos de video de los participantes para generar un flujo de video aumentado usando MediaPipe, emplear la herramienta OBS como generador de una cámara virtual, utilizar los SVC comerciales Zoom (en modo inmersivo) y Google Meet y, finalmente, Google Forms para generar el formulario del cuestionario. Con Python también se realizaron el análisis psicométrico del cuestionario, el tratamiento estadístico de los datos cuantitativos y el análisis temático y gráfico de las respuestas a las preguntas abiertas.

## 2.2 Participantes y observadores

Los participantes de la actividad de asesoría grabada son un instructor y dos estudiantes de un curso de instrumentación industrial de un programa STEM de educación superior. Estos

realizan la actividad en una reunión mediada por una tecnología de SVC. En esta actividad se atienden dudas sobre cómo "leer" o interpretar un P&ID. Se realizaron dos réplicas de la misma actividad de asesoría, mediadas por tecnologías de SVC diferentes: la primera, la SVC inmersiva (AVI 2.0 + Zoom), que permite la señalización deíctica aumentada sobre el material enseñado; y la segunda, la SVC tradicional (Google Meets). En ambos casos se grabó la actividad de asesoría durante 5 minutos.

Los observadores son estudiantes invitados de dos programas STEM, dos cursos de primer semestre y dos cursos electivos con estudiantes de diferentes semestres, lo que permite una muestra heterogénea de estudiantes de educación superior, la mayoría con experiencia previa en plataformas de videoconferencia (ver Tabla 1). Las grabaciones de asesoría en cada tecnología SVC fueron asignados aleatoriamente, entre los dos cursos de primer semestre y los dos cursos electivos.

**Tabla 1.** Información demográfica de estudiantes observadores. Fuente: elaboración propia.

| Datos | | SVC inmersivo | SVC convencional |
|---|---|---|---|
| Respuestas | | 24 | 19 |
| Genero (%) | Masculino | 62.50 | 63.16 |
| | Femenino | 37.50 | 36.84 |
| Programa (%) | Automática | 75.00 | 84.22 |
| | Electrónica | 25.00 | 15.78 |
| Semestre (%) | 1 | 50.00 | 31.57 |
| | 5 | 16.66 | 15.79 |
| | 6 | 0.00 | 5.26 |
| | 8 | 16.66 | 26.31 |
| | 9 | 12.50 | 15.79 |
| | 10 | 4.16 | 5.26 |
| Edad (media) | años | 20.12 | 20.57 |
| Desviación estándar | años | 2.67 | 2.58 |

## 2.3 Procedimiento y cuestionario

Se diseñó un protocolo de interacción entre los participantes durante la asesoría para aprovechar las características implementadas en la SVC inmersiva. En este caso, el participante host (instructor) recomienda dónde ubicar los videos de los demás participantes estudiantes en zonas específicas del material enseñado y usa señalización deíctica para explicar (ver Figura 2a). Una vez ubicado en la zona de interés, el estudiante participante también puede usar señalización deíctica para ubicar su duda o explicar lo que entiende al respecto (ver Figura 2b). En este proceso, tanto el host como el resto de los participantes estudiantes pueden cambiar la posición del flujo de video para facilitar la señalización de la zona de interés (ver Figuras 2a y 2b). De esta forma, los participantes pueden usar no solo comportamientos de inmediatez verbales sino también no verbales en sus procesos de comunicación e interacción durante la actividad de asesoría remota.

Los procesos de comunicación e interacción de la actividad de asesoría realizada en la SVC tradicional se llevaron a cabo acorde a las limitaciones que este tipo de tecnologías implica. En ambos casos se grabaron videos de 5 minutos de la actividad de asesoría realizada en cada SVC. Estos videos se subieron a YouTube y un enlace fue incrustado en un formulario. Cada enlace del formulario fue enviado vía email a los cuatro cursos de estudiantes STEM. Cada destinatario podía decidir individualmente si participar o no en la encuesta, lo que resultó en una tasa de respuesta promedio del 53.75 %. No se realizó presión social en los estudiantes para diligenciar la encuesta y así evitar consecuencias negativas por responder sin sinceridad. El

cuestionario comenzó con un formulario de consentimiento. Luego se preguntó si ya tenía experiencia previa con plataformas de videoconferencia, obteniendo que el 95.34 % de los participantes si la tenía.

Para recopilar los datos cuantitativos se usó un instrumento validado para evaluar la aceptación de un entorno virtual de aprendizaje basado en Moodle. El instrumento fue creado en [36] y validado en [37] y consta de cinco factores: comunicación, diseño, usabilidad, aspectos generales y fiabilidad, con 15 ítems, tres por cada factor. Para adecuar el instrumento a la evaluación del diseño de inmersión y comunicación en SVC, se usaron los factores diseño (de inmersión) y comunicación, modificando y/o ajustando la redacción en cada uno de los tres ítems de un "entorno virtual de aprendizaje basado en Moodle" hacia un "SVC". Para el tercer factor presencia social, se realizó una revisión de los comportamientos de inmediatez en video, audio y texto sugeridos en [38], con el fin de seleccionar los tres ítems asociados a comportamientos de inmediatez no verbales en video que resaltan la presencia social (ver Tabla 2). Para responder a los tres factores se usaron para cada uno tres ítems en una escala de Likert de 7 niveles (1-Totalmente en desacuerdo, 2- Bastante en desacuerdo, 3-En desacuerdo, 4-Neutral, 5-De acuerdo, 6-Bastante de acuerdo, 7- Totalmente de acuerdo).

**Tabla 2.** Definición de factores e ítems asociados. Fuente: elaboración propia.

| | |
|---|---|
| Diseño (inmersión) | (D1) Observar los flujos de video del profesor y de los estudiantes en la SVC fue útil para el desarrollo de la asesoría |
| | (D2) Los cambios de posición y tamaño de los flujos de video de los participantes es adecuado para percibir que se sienten inmersos. |
| | (D3) La señalización deíctica usada en la SVC fue útil para realizar la asesoría. |
| Comunicación | (D1) Yo considero que plataforma de video conferencia usada facilita la comunicación entre el profesor y los estudiantes |
| | (D2) Yo considero que plataforma de video conferencia usada facilita la comunicación entre los dos estudiantes |
| | (D3) Yo considero que la señalización deíctica usada por los participantes facilitó la comunicación entre ellos |
| Presencia social | (D1) Durante el video de asesoría logré percibir diferentes emociones entre los participantes |
| | (D2) La plataforma de video conferencia usada permitió que los participantes manifestaran diferentes gestos durante la asesoría |
| | (D3) Durante el video de asesoría, logre percibir como los participantes resaltaban información de interés sobre las diapositivas de forma corporal |

Adicionalmente, el cuestionario contiene cuatro preguntas abiertas sobre las apreciaciones de ventajas y desventajas de AVI 2.0, en comparación con un salón de clase o una SVC tradicional.

## 2.4 Análisis de integridad datos

El cuestionario, adicional a la información demográfica (ver Tabla 1), recogió en nueve preguntas o ítems datos cuantitativos (ver Tabla 2) y en cuatro preguntas información cualitativa (respuestas a preguntas abiertas). A los datos cuantitativos se les hace un análisis inferencial mediante un diseño cuasiexperimental entre un grupo de control (SVC tradicional – SVC C) y un tratamiento (SVC inmersivo – SVC A) en grupos independientes de estudiantes observadores. En este se analiza la diferencia en la percepción de los observadores del diseño de inmersión, comunicación y presencia social de los participantes de la asesoría mediada por las dos tecnologías SVC. Los datos cualitativos de los cuestionarios se procesaron con análisis temático mediante la identificación de similitudes y la creación inductiva de nubes de palabras.

Se recopilaron 43 (19 SVC C y 24 SVC A) respuestas a los nueve ítems de los tres factores, además de cuatro conjuntos de datos a preguntas abiertas. Se realizó un análisis psicométrico al cuestionario (ver Tabla 2) para determinar su confiabilidad y validez.

Los tres factores evaluados: comunicación, diseño de inmersión y presencia social demostraron una alta consistencia interna, con coeficientes de Alpha de Cronbach superiores a 0.89 en los dos grupos (SVA A: $\alpha$ = 0.893-0.956; SVC C: $\alpha$ = 0.905-0.946). Las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk confirmaron distribuciones apropiadas para análisis paramétricos y no paramétricos, mientras que las correlaciones inter-ítem mostraron valores positivos y significativos, indicando una validez convergente robusta. El análisis factorial exploratorio reveló una estructura unidimensional clara en cada factor, con cargas factoriales superiores a 0.70 y una explicación de la varianza entre 65-80 %. La consistencia de resultados entre los dos grupos sugiere invarianza en la medición, confirmando la estabilidad psicométrica del cuestionario.

La validez discriminante se estableció mediante correlaciones moderadas entre los factores (r = 0.40-0.65), indicando una diferenciación conceptual apropiada entre ellos sin alta redundancia. Las distribuciones de las respuestas mostraron un uso completo del rango de respuesta sin efectos techo o suelo, con medias centradas y desviaciones estándar adecuadas. Los análisis de confiabilidad ítem-total revelaron contribuciones positivas de los nueve ítems, sin elementos problemáticos que requieran eliminación.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, se analiza la distribución de los ítems de los factores diseño de inmersión, comunicación y presencia social, para posteriormente realizar una comparación estadística de AVI 2.0 en contraste con el SVC tradicional, y finalizar con el análisis temático de las respuestas a las cuatro preguntas abiertas.

### 3.1 Análisis de distribución y preprocesamiento de los datos

Se llevó a cabo una prueba de normalidad Shapiro-Wilk a cada uno de los nueve ítems de los factores diseño de inmersión, comunicación y presencia social en los grupos SVC C y SVC A, resultando en que la mayoría de los ítems presenta distribución no normal (ver Figura 3).

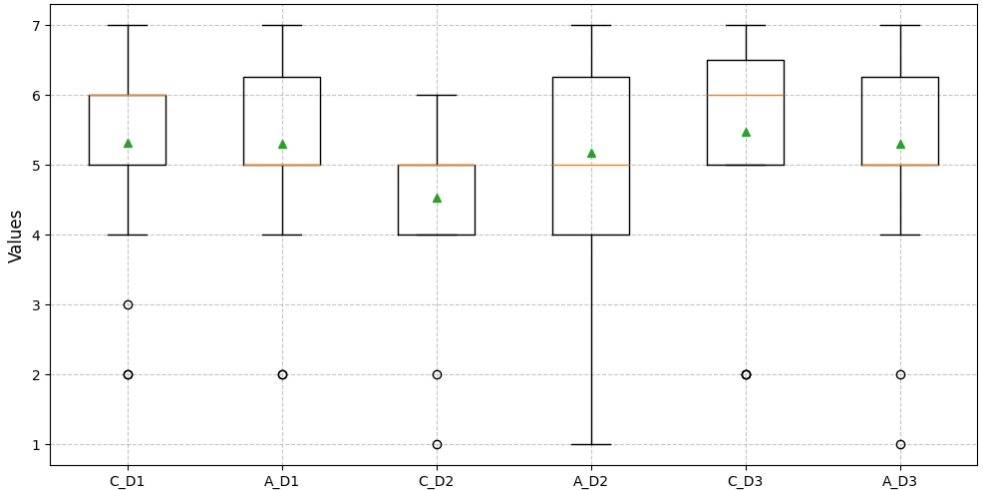



**Figura 3.** Diagrama de cajas y bigotes comparativo de los ítems (D1 a D3) con atípicos del factor diseño de inmersión de los grupos SVC C y SVC A. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, se aplicó un método de sustitución de atípicos por rango intercuartílico; cada valor fuera del rango intercuartílico fue reemplazado por la mediana. Ver resultado en la Figura 4.

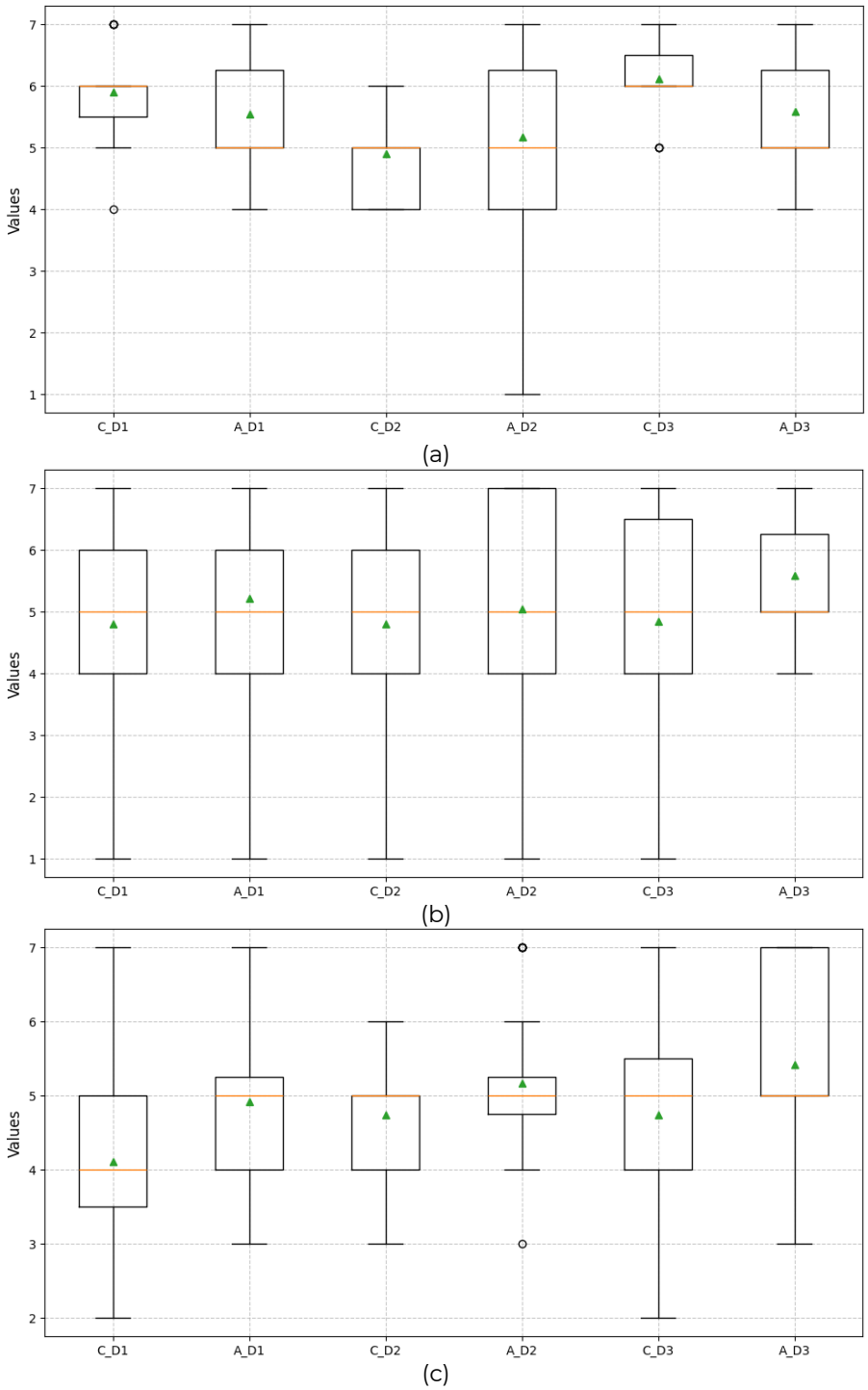



**Figura 4.** Diagramas de cajas y bigotes comparativos de los ítems (D1 a D3) sin atípicos de los factores diseño de inmersión (a), comunicación (b) y presencia social (C) de los grupos SVC C y SVC A.
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4a se observa un cambio en la media de los ítems D1 (inmersión-observar flujos de video) y D3 (inmersión-señalización deíctica) no esperado en favor de SVC C con respecto a SVC A. Sin embargo, sí se aprecia un cambio en la media de D2 (inmersión-cambios de posición y tamaño en flujos de video) en favor de SVC A con respecto SVC C, a pesar de que D2 en SVC A presenta una mayor dispersión.

En la Figura 4b se observan ligeros cambios en la media de los tres ítems D1 (comunicación profesor-estudiante), D2 (comunicación estudiante-estudiante) y D3 (comunicación-señalización deíctica) en favor de SVC A con respecto a SVC C.

Finalmente, en la Figura 4c se observan cambios mayores en la media de los tres ítems D1 (percibir emociones en los participantes), D2 (participantes manifiestan gestos) y D3 (resaltar información en forma corporal) en favor de SVC A con respecto a SVC C.

## 3.2 Comparación AVI 2.0 y SVC tradicional

Se llevó a cabo una prueba de normalidad Shapiro-Wilk a los tres ítems promediados del factor diseño de inmersión en los dos grupos SVC A y SVC C, hallando que en ambos grupos la distribución es normal. Por lo que se aplica una prueba t para determinar si existen diferencias significativas entre los dos factores de diseño de inmersión percibidos entre SVC A y SVC C. El estadístico obtenido es 0.727537 y el p-value es 0.47103, por lo que no se hallaron diferencias significativas entre el factor diseño de inmersión de SVC A con respecto a SVC C (ver Figura 5a).

De igual forma se realizó una prueba de normalidad Shapiro-Wilk a los tres ítems promediados del factor comunicación de SVC A y SVC C, hallando que esta distribución es normal en SVC A y no normal en SVC C. Por lo que se ejecutó una prueba de Mann-Whiney obteniendo un estadístico de -1.016086 y un p-value de 0.53044, indicando que no hay diferencias significativas entre el factor comunicación de SVC A con respecto a SVC C (ver Figura 5b).

Finalmente, se ejecutó una prueba de normalidad Shapiro-Wilk a los tres ítems promediados del factor presencia social de SVC A y SVC C, hallando que en ambos grupos la distribución es normal. Por lo que se aplica una prueba t obteniendo un estadístico de 145.5 y un p-value de 0.042, indicando que existen diferencias significativas entre el factor presencia social percibido en SVC A con respecto al percibido en SVC C (ver Figura 5c).

## 3.3 Análisis temático y nubes de palabras de preguntas abiertas

Se analizaron las respuestas a las cuatro preguntas abiertas con el fin de identificar diferentes aspectos que se deben tener en cuenta para fortalecer los tres factores en AVI 2.0. De interés particular, son las cuatro preguntas abiertas que el grupo SVC A respondió, las cuales fueron procesadas con análisis temático y nubes de palabras siguiendo el marco metodológico de [39]:

P1. ¿Encuentra ventaja de la SVC A con respecto al aula de clase real, mencionar?
P2. ¿Encuentra ventaja de la SVC A con respecto a un SVC convencional, mencionar?
P3. ¿Encuentra desventaja de la SVC A con respecto al aula de clase real, mencionar?
P4. ¿Encuentra desventaja de la SVC A con respecto a un SVC convencional, mencionar?

El análisis identificó patrones consistentes en las respuestas, donde la neutralidad evaluativa emergió como el tema dominante, con 58-83 % de los estudiantes observadores expresando percepciones de equivalencia o ausencia de diferencias significativas entre las dos tecnologías comparadas. Este hallazgo sugiere que, desde la perspectiva de los estudiantes observadores, AVI 2.0 no logra diferenciarse sustancialmente de las SVC tradicionales existentes. Las nubes de palabras asociadas a los temas principales de las cuatro preguntas abiertas en SVC A se observan en la Figura 6.

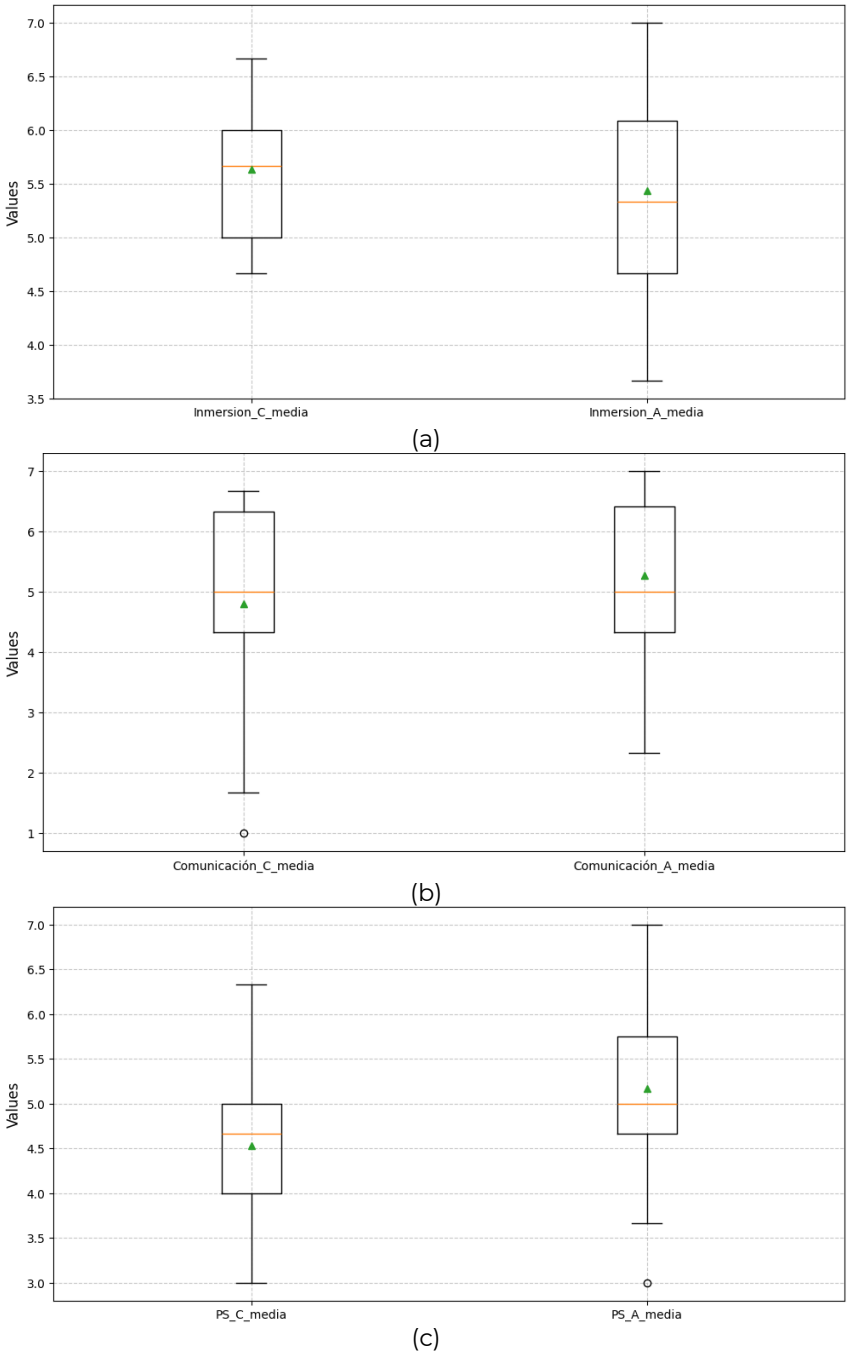



**Figura 5.** Diagramas de cajas y bigotes comparativos de los factores Diseño de inmersión (a), Comunicación (b) y Presencia social (C) de los grupos SVC C y SVC A. Fuente: elaboración propia.

Los problemas técnicos experimentados con AVI 2.0 durante la grabación del video de la asesoría constituyeron la principal barrera identificada, afectando al 25 % de las respuestas de los observadores cuando se evaluaron desventajas versus aula presencial y al 16.7 % versus SVC tradicional. Las limitaciones más frecuentemente reportadas incluyeron problemas de calidad de audio y video, retrasos de sincronización y dependencia crítica de una conexión a internet estable. Un resultado de interés es que cuando AVI 2.0 funcionaba sin problemas técnicos, la experiencia inmersiva diferenciada emergió como la principal ventaja percibida, mencionada por el 45.8 % de los observadores al comparar con el aula presencial y 29.2 % con SVC tradicionales. Los estudiantes valoraron positivamente aspectos como el dinamismo en la

presentación de contenidos, la sensación de inmersión en el entorno virtual, y las herramientas de visualización mejoradas. Esta dualidad sugiere que el éxito de este primer prototipo de AVI 2.0 depende críticamente de la infraestructura tecnológica subyacente, donde las fallas técnicas pueden anular completamente los beneficios inmersivos potenciales.




**Figura 6.** Nubes de palabras asociadas a las preguntas abiertas en SVC A. Fuente: elaboración propia.

## 3.4 Discusión y respuesta a preguntas de investigación

### *3.4.1 Contrastes*

Los hallazgos de este trabajo respecto a la presencia social (p-value = 0.042) en AVI 2.0 coinciden con la literatura que sugiere que la teleinmersión mitiga eficazmente la fatiga por videoconferencia y la falta de compromiso en entornos remotos [40]. Al igual que en los experimentos de teatro improvisado donde la teleinmersión permitió a los actores sentirse más "allí" que, en su entorno físico, los observadores de AVI 2.0 identificaron una mejora sustancial en la percepción de emociones y gestos no verbales [28]. Estos resultados refuerzan las teorías de [16] y [2], quienes argumentan que las cualidades inmersivas de un sistema de comunicación no dependen solo de la fidelidad visual, sino también de la interactividad y de la calidad de la experiencia percibida. Mientras que estudios como Perspectives [41] se centran en la geometría de la mirada para mejorar la co-presencia, AVI 2.0 apuesta por una coherencia espacial simétrica que integra la imagen del medio cuerpo del usuario en el canvas del entorno, permitiendo una "inmediatez no verbal" que las plataformas comerciales actuales no logran replicar satisfactoriamente [41], [42].

Existe un debate relevante en torno a la señalización deíctica. Mientras que en AVI 2.0 esta funcionalidad no fue evaluada de forma positiva (p=0.471) debido a su complejidad técnica y latencia, investigaciones como MultiPointing [43] demuestran que aumentar los gestos con avatares faciales recortados y cursores mejora significativamente la precisión frente a la señalización manual pura. Esta diferencia sugiere que la "neutralidad evaluativa" encontrada en el presente estudio podría explicarse mediante el meta-análisis de [44], el cual indica que el grado en que uno se siente presente en un entorno mediado es extremadamente sensible a la

carga cognitiva de las herramientas de interacción. AVI 2.0 se sitúa en medio de este debate: busca la inmersión a través de la simetría espacial compartida, pero los resultados indican que para superar la eficacia de sistemas como MirrorBlender [26], no basta con el posicionamiento del video, sino que se requiere una infraestructura que elimine el retardo y simplifique la interacción deíctica aumentada para el usuario final [26], [43], [44].

Un contraste final surge al analizar la asimetría de la interacción. Mientras que los SVC tradicionales fomentan la "dominancia de la sala física", donde los participantes remotos son relegados a miniaturas periféricas [42], [45], AVI 2.0 propone una democratización del espacio visual. Al integrar orgánicamente el video sobre el material enseñado, AVI 2.0 evita el "valle inquietante" de los avatares 3D abstractos que a menudo distraen del objetivo pedagógico en sistemas de realidad mixta más complejos [34], [41]. La simetría espacial de AVI 2.0 garantiza que el gesto deíctico tenga el mismo valor semántico para todos los participantes, superando la limitación de los sistemas que solo priorizan la vista del instructor o que imponen una configuración rígida del escritorio [26], [34], [42]. Este enfoque de virtualidad aumentada representa un avance frente a la fragmentación visual de las plataformas convencionales, permitiendo que la "presencia en la diapositiva" sea una experiencia compartida y no solo una técnica de transmisión unidireccional [15], [41].

### *3.4.2 Implicaciones prácticas*

La principal implicación práctica de este trabajo es la demostración de que la virtualidad aumentada puede implementarse sobre plataformas comerciales como Zoom mediante el procesamiento de video con Python, sin recurrir a hardware inmersivo costoso [34]. Esto ofrece a toda institución educativa una vía factible para mejorar el aprendizaje remoto en tareas de alta carga visual, como la interpretación de diagramas o planos, permitiendo que no solo el docente "entre" en la diapositiva y señale componentes de forma natural [26]. Al adaptar la lógica de aceptación tecnológica [36] para entornos virtuales, se observa que la utilidad percibida de AVI 2.0 radica en su capacidad para transformar una videoconferencia plana en un espacio de trabajo compartido. Para el instructor, esto significa la posibilidad de gestionar el aula virtual dirigiendo los videos de los estudiantes a zonas de interés específicas, lo cual fomenta una dinámica pedagógica más cercana a la presencialidad y reduce la sensación de aislamiento de los estudiantes remotos [42], [36].

Desde la perspectiva del diseño HIC, los resultados subrayan que las interfaces deben ser maleables y adaptables en tiempo real para ajustarse a las necesidades cambiantes de una reunión instruccional [26], [46]. AVI 2.0 demuestra que permitir a los usuarios reconfigurar el canvas —cambiando la posición de los espejos de video— es un paso necesario hacia el diseño centrado en la reunión, donde la tecnología se adapta a la actividad social y no al revés [42]. Además, siguiendo las recomendaciones de [45], la integración futura de mediación por IA podría aliviar la carga de los moderadores humanos, gestionando automáticamente los turnos de habla y reduciendo la dominancia de la sala física en escenarios híbridos. Los desarrolladores deberían considerar la inclusión de "tecnologías calmas" que permitan que la información social fluya desde la periferia hacia el centro de atención sin abrumar sensorialmente al estudiante, garantizando una participación equitativa y objetiva para todos los actores involucrados en el proceso [45], [47].

La adopción de interfaces maleables como AVI 2.0 también sugiere que los futuros SVC deben permitir a los participantes actuar como "diseñadores en el momento", ajustando su representación visual según el flujo conversacional [42], [46]. Esta flexibilidad práctica permite a los instructores actuar como gestores de la interfaz, utilizando metáforas proxémicas para desplazar estratégicamente el video de un estudiante cuando este tiene la palabra, lo cual reduce significativamente la fatiga cognitiva reportada en sesiones sincrónicas extensas [27], [44], [47]. Asimismo, el uso de la programación en Python empleada en este prototipo facilita que las instituciones personalicen sus SVC para permitir señalización deíctica sin depender de ecosistemas cerrados [46]. Sin embargo, es necesario invertir en una infraestructura de

computación que minimice el "jitter" y el retraso de audio, asegurando que las innovaciones que se implementen en futuros prototipos de AVI 2.0 no se vean anuladas por barreras técnicas básicas que impidan el flujo natural de la interacción deíctica y social [48], [44].

### *3.4.3 Limitaciones*

Una limitación identificada tanto en AVI 2.0 como en otros sistemas inmersivos es la contaminación de la experiencia de usuario por deficiencias en la infraestructura técnica, tales como la latencia y los retrasos de sincronía [28], [48]. Estos problemas técnicos generan una neutralidad evaluativa donde los beneficios del diseño inmersivo quedan eclipsados por la frustración de los observadores ante la falta de fluidez gestual [48]. Como se advierte en el análisis realizado en [49], el rendimiento de internet durante periodos de alta demanda es un factor determinante en la lealtad y satisfacción del usuario con las herramientas digitales. En la versión actual de AVI 2.0, el retraso en el video eleva la carga cognitiva y rompe el estado de flujo necesario para observar una colaboración efectiva, un fenómeno que debe analizarse aún más en el marco metodológico de [39] para captar la profundidad de estas barreras infraestructurales [50], [51].

Asimismo, otra limitación de este estudio reside en su naturaleza virtual y el perfil remoto de sus participantes. La versión actual de AVI 2.0, al igual que los SVC tradicionales, está diseñado para usuarios remotos sentados frente a una pantalla, lo que ignora la tendencia hacia la movilidad radical que propone [49], donde la colaboración híbrida debe permitir transiciones espaciales fuera de la sala fija. Por otro lado, los datos de este estudio provienen de estudiantes observadores y no de participantes que interactuaron activamente con la vara virtual en tiempo real. La percepción de un tercero puede diferir significativamente de la experiencia del usuario activo, especialmente en tareas que requieren una manipulación física fina, como la señalización sobre diagramas [43]. El problema persistente del paralaje entre la cámara y la pantalla, típico de todo SVC, dificulta la conexión visual directa, lo que impide que el usuario sienta una verdadera reciprocidad en la mirada [26], [52].

La fragilidad de la conducta referencial observada en el uso del señalizador virtual constituye otra limitación intrínseca que AVI 2.0 comparte con sistemas avanzados como t-Room [53]. Cuando los participantes se posicionan lejos de los objetos que intentan señalar, la tecnología transforma la deixis de manera impredecible, dificultando que el interlocutor remoto comprenda la intención exacta del gesto sin un esfuerzo verbal adicional [53]. Además, la homogeneidad de la muestra usada en los videos, compuesta por personal universitario con alta competencia tecnológica, podría estar ocultando desafíos de accesibilidad para usuarios con menos destrezas digitales [43]. La actual rigidez en el manejo de las herramientas de AVI 2.0 y la falta de audio espacial para complementar la coherencia visual representan obstáculos para lograr una inmersión total que sea inclusiva en dinámicas educativas más fluidas, las cuales ocurren de forma natural en la presencialidad, pero siguen siendo esquivas en la virtualidad aumentada [45], [48], [49].

### *3.4.4 Valor agregado de la investigación*

El valor agregado fundamental de esta investigación reside en la validación empírica de que la presencia social significativa en los SVC no depende de la alta fidelidad gráfica de entornos 3D complejos, sino de la implementación de una coherencia visual simétrica sobre plataformas comerciales ya existentes [41]. Siguiendo la definición de [54], la presencia social se entiende como la "prominencia percibida de otro actor social", y este estudio demuestra que AVI 2.0 potencia este constructo al permitir que la imagen del medio cuerpo del participante se integre directamente en el entorno. Al contrastar AVI 2.0 con los avances en medición de presencia de [55], se evidencia que el éxito de una reunión híbrida radica en que los mensajes estén acompañados de pistas sociales claras y visibles. La investigación aporta un modelo donde la "presencia en la diapositiva" deja de ser una técnica asimétrica exclusiva del instructor

[10], [11] para convertirse en una capacidad democrática de todos los participantes, garantizando que cada estudiante no solo tenga un "asiento en la mesa virtual" sino que flote en las diapositivas con las mismas facultades de expresión corporal y señalización que el instructor [34], [41], [52].

Asimismo, esta investigación proporciona un aporte metodológico y técnico al demostrar que la virtualidad aumentada puede ser operada mediante herramientas de programación y librerías abiertas (Python, MediaPipe) integradas a SVC tradicionales como Zoom, eliminando la barrera del hardware costoso [27]. Al evaluar los comportamientos de inmediatez no verbal, el estudio logra capturar una diferencia estadística significativa (p-value = 0.042) que confirma que la capacidad de observar gestos y percibir emociones sobrevive incluso a las limitaciones de latencia e infraestructura [27]. Este hallazgo es crucial, pues sugiere que el diseño del entorno inmersivo impacta la seguridad psicológica del estudiante, reduciendo el sentimiento de aislamiento que suele caracterizar a las clases remotas convencionales [47]. La investigación trasciende el diseño centrado en el usuario individual para proponer un diseño centrado en la reunión, donde la interfaz se convierte en una plataforma maleable que se adapta a la actividad instruccional en tiempo real, facilitando una interacción social más humana, inclusiva y equitativa en entornos STEM [42], [46].

Adicionalmente, un valor distintivo de este trabajo es su posicionamiento en la frontera del conocimiento de la señalización deíctica aumentada [43], [45]. Mientras que estudios recientes como MultiPointing exploran el aumento de gestos mediante avatares recortados, AVI 2.0 añade valor al demostrar que la simetría espacial actúa como una "tecnología calma", permitiendo que la información social fluya desde la periferia hacia el centro de la atención sin abrumar sensorialmente al usuario [27], [43], [47]. Este estudio sienta las bases para que los futuros SVC evolucionen de simples canales de transmisión de datos a verdaderos entornos de aprendizaje emocionalmente conectados, donde el señalizador deíctico no es solo una herramienta técnica, sino un mediador de la co-presencia [15], [47]. En última instancia, la investigación ofrece un marco de referencia práctico para que las instituciones educativas optimicen sus procesos de asesoría remota, equilibrando la precisión técnica necesaria en ingeniería con la calidez social indispensable para el compromiso y el éxito del aprendizaje sincrónico [42], [48].

Finalmente, para dar respuesta a las tres preguntas de investigación planteadas, se afirma para Q1 que solo hay un leve efecto positivo en la percepción de inmersión en AVI 2.0 cuando se cambian de posición y tamaño los flujos de video de los participantes, pero no cuando se usa señalización deíctica aumentada. Mientras que para Q2 también hay leves efectos positivos en la percepción de la comunicación en AVI 2.0 de las interacciones profesor-estudiante, estudiante-estudiante y la señalización deíctica facilita esta comunicación. Con respecto a Q3, para AVI 2.0 se demostró con diferencias significativas con respecto al SVC tradicional que permite percibir emociones de los participantes, que también ellos manifiesten gestos y que resaltan información de interés en forma corporal. Finalmente, esto se manifiesta en un efecto significativo de mayor percepción de presencia social de los participantes en AVI 2.0.

## 4. CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de videoconferencia inmersivo denominado AVI 2.0 como la conjunción de un preprocesamiento previo al video de los participantes que realizan una actividad de asesoría en una plataforma de videoconferencia comercial habilitada en modo inmersivo. El preprocesamiento previo del video permite que los participantes tengan una misma coherencia espacial, permitiendo señalización deíctica aumentada sobre el material explicado en diapositivas, y la libertad de posicionar el video en cualquier sitio sobre el material enseñado. Esto potencia el limitado modo inmersivo de la actual videoconferencia comercial.

El análisis estadístico realizado entre el actual prototipo de AVI 2.0 y la SVC convencional señala al ítem “cambiar la posición y el tamaño de los flujos de video de los participantes” como

un ítem positivo en la percepción del factor diseño de inmersión entre los observadores. Pero no así, el uso del elemento de diseño "señalización deíctica aumentada". De igual forma, los ítems interacción estudiante-profesor, estudiante-estudiante y la señalización deíctica se perciben en forma positiva en la percepción del factor comunicación con respecto al SVC convencional. Sin embargo, la diferencia significativa entre AVI 2.0 y el SVC convencional se da en la percepción de la presencia social, manifestado en comportamientos de inmediatez no verbales, de los participantes entre los estudiantes observadores, ya que la coherencia espacial compartida entre todos los participantes en AVI 2.0 permite que señalen con su cuerpo sobre el material explicado y de esta forma, facilita que los interlocutores vean sus gestos y perciban sus emociones.

El análisis cualitativo temático de las ventajas y desventajas de AVI 2.0 con respecto al aula presencial y al SVC convencional, manifiesta una neutralidad evaluativa como tema dominante, señalando que desde el punto de vista de los estudiantes observadores no percibieron diferencias entre AVI 2.0 y el SVC tradicional, pero ello se debe a problemas técnicos experimentados con el prototipo usado de AVI 2.0 en este estudio. A pesar de ello, los observadores resaltan la experiencia inmersiva diferenciada y el dinamismo en la presentación.

El análisis temático permite señalar que la complejidad en el manejo del señalizador aumentado por parte de los participantes y principalmente el retraso o intermitencia variable de audio y video son aspectos de infraestructura y diseño que se deben atender en futuros trabajos en AVI 2.0.

## 5. AGRADECIMIENTO Y FINANCIACIÓN

Los autores agradecen al programa de Doctorado en Ciencias de la Electrónica de la Universidad del Cauca. Este trabajo ha sido financiado en el marco del proyecto doctoral "Patrones de Interacción en Escenarios de Educación Superior en Modalidad Híbrida a Través de un Aula Inmersiva de Virtualidad Aumentada".

## 6. REFERENCIAS

[1] C. A. Warden, J. O. Stanworth, J. Biao Ren, and A. R. Warden, "Synchronous learning best practices: An action research study," *Comput. Educ.*, vol. 63, pp. 197-207, Apr. 2013. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.010

[2] P. Pérez, E. González-Sosa, J. Gutiérrez, and N. García, "Emerging Immersive Communication Systems: Overview, Taxonomy, and Good Practices for QoE Assessment," *Front. Signal Process.*, vol. 2, p. 917684, Jul. 2022. https://doi.org/10.3389/frsip.2022.917684

[3] P. R. Lowenthal, J. Borup, R. E. West, and L. Archambault, "Thinking Beyond Zoom: Using Asynchronous Video to Maintain Connection and Engagement During the COVID-19 Pandemic," *J. Technol. Teach. Educat.*, vol. 28, no. 2, pp. 383-391, 2020. https://doi.org/10.70725/331114ctnutj

[4] G. Orhan, and Ö. Beyhan, "Teachers' perceptions and teaching experiences on distance education through synchronous video conferencing during covid-19 pandemic," *Soc. Sci. Educ. Res. Rev.*, vol. 7, no. 1, pp. 8-44, Jul. 2020. https://ideas.repec.org/a/edt/jsserr/v7y2020i1p8-44.html

[5] M. Bonfert *et al.*, "Seeing the faces is so important—Experiences from online team meetings on commercial virtual reality platforms," *Front. Virtual Real.*, vol. 3, p. 945791, Jan. 2023. https://doi.org/10.3389/frvir.2022.945791

[6] R. E. Mayer, G. Makransky, and J. Parong, "The Promise and Pitfalls of Learning in Immersive Virtual Reality," *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 39, no. 11, pp. 2229-2238, Aug. 2023. https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2108563

[7] P. Fuchs, *Virtual Reality Headsets - A theoretical and Pragmatic Approach*. London, UK: CRC Press/Balkema, 2017. https://doi.org/10.1201/9781315208244

[8] M. A. Camilleri, and A. C. Camilleri, "Remote learning via video conferencing technologies: Implications for research and practice," *Technol. Soc.*, vol. 68, p. 101881, Feb. 2022. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101881

[9] A. W. Lo, B. Stevens, and S. P. Willems, "World of EdCraft: Challenges and Opportunities in Synchronous Online Teaching," *Harv. Data Sci. Rev.*, vol. 4, no. 2, Apr. 2022. https://doi.org/10.1162/99608f92.73a1c910

[10] Z. Katai, and D. Iclanzan, "Impact of instructor on-slide presence in synchronous e-learning," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, no. 3, pp. 3089-3115, Mar. 2023. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11306-y

[11] J. F. Florez Marulanda, "Student Satisfaction Pilot Experience with Synchronous Classroom Live Streaming Styles during the COVID-19 Pandemic," *IEE Rev. Iberoam. Tecnol. Aprend.*, vol. 17, no. 3, pp. 301-306, Aug. 2022. https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3191285

[12] M. W. Bülow, "Designing Synchronous Hybrid Learning Spaces: Challenges and Opportunities," in *Hybrid Learning Spaces*, E. Gil, Y. Mor, Y. Dimitriadis, and C. Köppe, Eds., Cham, SWI: Springer, 2022, pp. 135-163. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88520-5_9

[13] M. Lombard, T. B. Ditton, and L. Weinstein, "Measuring Presence: The Temple Presence Inventory," in *Proceed. 12th annual int. workshop presence*, Los Ángeles, California, 2009, pp. 1-15. https://www.researchgate.net/publication/228450541

[14] S. Tugba Bulu, "Place presence, social presence, co-presence, and satisfaction in virtual worlds," *Comput. Educ.*, vol. 58, no. 1, pp. 154-161, Jan. 2012. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.024

[15] J. Short, E. Williams, and B. Christie, *The social psychology of telecommunications*. London, UK: Wiley, 1976. https://archive.org/details/socialpsychology0000shor

[16] C. S. Oh, J. N. Bailenson, and G. F. Welch, "A systematic review of social presence: Definition, antecedents, and implications," *Front. Robot AI*, vol. 5, p. 114, Oct. 2018. https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00114

[17] J. F. Flórez Marulanda, C. A. Collazos, and J. A. Hurtado, "Evaluating an Immersive Virtual Classroom as an Augmented Reality Platform in Synchronous Remote Learning," *Information*, vol. 14, no. 10, p. 543, Oct. 2023. https://doi.org/10.3390/info14100543

[18] N. Yankelovich, W. Walker, P. Roberts, M. Wessler, J. Kaplan, and J. Provino, "Meeting Central: Making Distributed Meetings More Effective," In *Proceed. 2004 ACM Conf. Comput. Support. Coop. Work (CSCW '04)*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2004. https://doi.org/10.1145/1031607.1031678

[19] I. Rae, G. Venolia, J. C. Tang, and D. Molnar, "A framework for understanding and designing telepresence," in *Proceed. 2015 ACM Int. Conf. Comput.-Support. Coop. Work Soc. Comput.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2015, pp. 1552-1566. https://doi.org/10.1145/2675133.2675141

[20] C. Neustaedter, G. Venolia, J. Procyk, and D. Hawkins, "To beam or not to beam: A study of remote telepresence attendance at an academic conference," in *Proceed. ACM Conf. Comput. Support. Coop. Work, CSCW*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2016, pp. 418-431. https://doi.org/10.1145/2818048.2819922

[21] M. Billinghurst, S. Bee, J. Bowskill, and H. Kato, "Asymmetries in Collaborative Wearable Interfaces," In *Digest of Papers. Third Int. Symp. Wearable Comput.*, San Francisco, CA, USA, 1999, pp. 133-140. https://doi.org/10/dqx596

[22] T. Watanabe, "Viewpoint of Class Subject and Classroom Space on Face-to-face Course and Online Course," in *Proceed. 2021 15th Int. Conf. Ubiquitous Inform. Manage. Communic., IMCOM 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Seoul, Korea, 2021, pp. 1-8. https://doi.org/10.1109/IMCOM51814.2021.9377385

[23] J. N. Bailenson, "Nonverbal Overload: A Theoretical Argument for the Causes of Zoom Fatigue," *Technol. Mind Behav.*, vol. 2, no. 1, pp. 1-6. 2021. https://doi.org/10.1037/tmb0000030

[24] G. Fauville, M. Luo, A. C. M Queiroz, J. N. Bailenson, and J. Hancock, "Nonverbal Mechanisms Predict Zoom Fatigue and Explain Why Women Experience Higher Levels than Men," *SSRN Electron. J.*, Apr. 2021. http://doi.org/10.2139/ssrn.3820035

[25] R. Susanna, "Video fatigue and a late-night host with no audience inspire a new way to help people feel together, remotely," news.microsoft.com, Accessed: Jul. 1, 2025. [Online.] Available: https://news.microsoft.com/source/features/work-life/microsoft-teams-together-mode/

[26] J. E. Grønbæk, B. Saatçi, C. F. Griggio, and C. Klokmose, "MirrorBlender: Supporting Hybrid Meetings with a Malleable Video-Conferencing System," In *Proceed. Int. Conf. Hum. Fact. Comput. Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021, p. 451, pp. 1-13. http://doi.org/10.1145/3411764.3445698

[27] E. Hu, J. E. S. Grønbæk, A. Houck, and S. Heo, "OpenMic: Utilizing Proxemic Metaphors for Conversational Floor Transitions in Multiparty Video Meetings," in *Proceed. Conf. Hum. Fact. Comput. Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2023, p. 796, pp. 1-17. http://doi.org/10.1145/3544548.3581013

[28] B. Branch, C. Efstratiou, P. Mirowski, K. W. Mathewson, and P. Allain, "Tele-Immersive Improv," in *Proceed. 2021 CHI Conf. Hum. Fact. Comput. Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021, p. 458, pp. 1-13. http://doi.org/10.1145/3411764.3445310

[29] A. Narayanan, E. Hu, and S. Heo, "Enabling Remote Hand Guidance in Video Calls Using Directional Force Illusion," in *Companion Public. 2022 Conf. Comput. Support. Coop. Work Soc. Comput.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2022, pp. 135-139. http://doi.org/10.1145/3500868.3559470

[30] N. Saquib, R. H. Kazi, L. Wei, and W. Li, "Interactive Body-Driven Graphics for Augmented Video Performance," in *Proceed. 2019 CHI Conf. Hum. Fact. Comput. Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2019, paper 622, pp. 1-12. http://doi.org/10.1145/3290605.3300852

[31] E. Hu, J. E. S. Grønbæk, W. Ying, R. Du, and S. Heo, "ThingShare: Ad-Hoc Digital Copies of Physical Objects for Sharing Things in Video Meetings," in *Proceed. Conf. Hum. Fact. Comput. Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2023, p. 364, pp. 1-22. http://doi.org/10.1145/3544548.3581148

[32] B. D. Hall, L. Bartram, and M. Brehmer, "Augmented Chironomia for Presenting Data to Remote Audiences," in *Proceed. 35th Annual ACM Sympos. User Interf. Softw. Technol. (UIST '22)*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2022, p. 18, pp. 1-14. http://doi.org/10.1145/3526113.3545614

[33] J. U. Davis, P. Asente, and X. Yang, "Multimodal Direct Manipulation in Video Conferencing: Challenges and Opportunities," in *Proceed. 2023 ACM Conf. Design. Interact. Syst. (DIS '23)*, New York, NY, USA, 2023, pp. 1174-1193. http://doi.org/10.1145/3563657.3596099

[34] J. E. Grønbæk, "Designing eXtended reality experiences for the future of hybrid meetings," *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, vol. 29, no. 1, pp. 20-25, Sep. 2022. http://doi.org/10.1145/3558190

[35] J. F. Florez, D. F. Valencia, M. E. Muñoz, C. A. Collazos, J. A. Hurtado, and C. Sturm, "Aula virtual inmersiva de señalización deíctica grupal para educación remota," in *11 Jorn. Iberoamer. Inter. Hum. – Comput.*, H. L. García, L. A. Flores Chaires, V. Agredo Delgado, and P. H. Ruiz, Eds., Programa Editorial UAZ, Zacatecas, México, 2025, pp. 100-107. http://148.217.50.3/jspui/bitstream/20.500.11845/4180/1/11JIHC25_proceedings_Vol2.pdf

[36] I. Ruiz, S. Romero, "Moodle: una herramienta eficaz aplicada a la enseñanza de prácticas, en el área de electrónica y arquitectura de computadores," in *VIII Congr. Tecnol. Aplic. Enseña. Electrón.*, Zaragoza, España, 2008, p. 165. https://www.asociaciontaee.org/actas/2008/papers/2008S3C05.pdf

[37] P. C. Santana-Mancilla, O. A. Montesinos-López, M. A. García-Ruiz, J. J. Contreras-Castillo, and L. S. Gaytan-Lugo, "Validación de un instrumento para medir la aceptación tecnológica de un entorno virtual de aprendizaje," *Acta Univ.*, vol. 29, pp. 1-15, Apr. 2019. https://doi.org/10.15174/au.2019.1796

[38] M. Schutt, B. S. Allen, and M. A. Laumakis, "The Effects of Instructor Immediacy Behaviours in Online Learning Environments," *Q. Rev. Distance Educ.*, vol. 10, no. 2, pp. 135-148, Jun. 2009. https://doi.org/10.1108/QRDE-06-2009-0005

[39] V. Braun, and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology.," *Qual. Res. Psychol.*, vol. 3, no. 2, pp. 77-101, Jul. 2008. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

[40] B. Branch, P. W. Mirowski, S. Ppali, R. von Jungenfeld, P. Allain, and C. Efstratiou, "Mirror Placement Matters in Remote Collaboration," in *Ext. Abstr. 2023 CHI Conf. Hum. Fact. Comput. Syst.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2023, p. 207, pp. 1-8. https://doi.org/10.1145/3544549.3585798

[41] J. C. Tang *et al.*, "Perspectives: Creating Inclusive and Equitable Hybrid Meeting Experiences," in *Proc. ACM Hum. Comput. Interact.*, vol. 7, no. CSCW2, p. 351, Oct. 2023. https://doi.org/10.1145/3610200

[42] B. Saatçi, K. Akyüz, S. Rintel, and C. N. Klokmose, "(Re)Configuring Hybrid Meetings: Moving from User-Centered Design to Meeting-Centered Design," *Comput. Support. Coop. Work*, vol. 29, no. 6, pp. 769-794, Dec. 2020. https://doi.org/10.1007/s10606-020-09385-x

[43] D.-T. Duong-Le, D.-N. Ly, T.-N. Le, V.-T. Nguyen, and K.-D. Le, "MultiPointing: Supporting Multiple Users' Pointing in Hybrid Meetings," in *Proceed. 37th Austral. Conf. Hum.-Comput. Interact.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2025, pp. 819-827. https://doi.org/10.1145/3764687.3769933

[44] J. J. Cummings, and J. N. Bailenson, "How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence," *Media Psychol.*, vol. 19, no. 2, pp. 272-309, Apr. 2016. https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740

[45] J. Kleinau, and E. Hoggan, "Mediating Meeting Dynamics: An Exploration of AI-Based Multimodal Feedback in Hybrid Meetings," in *Proc. 23rd EUSSET Conf. Comput.-Support. Cooper. Work,* Newcastle, UK, 2025. https://doi.org/10.48340/ecscw2025_cp04

[46] J. E. S. Grønbaek *et al.*, "Mirrorverse: Live Tailoring of Video Conferencing Interfaces," In *Proceed. 36th Annual ACM Sympos. User Interf. Softw. Technol. (UIST '23),* Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2023, p. 14, pp. 1-14. https://doi.org/10.1145/3586183.3606767

[47] M. Constantinides, and D. Quercia, "The Future of Hybrid Meetings," in *Proceed. 1st Annual Meet. Sympos. Hum.-Comput. Interact. Work (CHIWORK '22)*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2022, p. 6, pp. 1-6. https://doi.org/10.1145/3533406.3533415

[48] V. Bajpai *et al.*, "Recommendations for Designing Hybrid Conferences," *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 52, no. 2, pp. 63-69, Apr. 2022. https://doi.org/10.1145/3544912.3544920

[49] J. Kleinau, "Transitioning and Navigating Space in Hybrid Collaboration.," in *Proceed. 23rd EUSSET Conf. Comput.-Support. Cooper. Work*, European Society for Socially Embedded Technologies, 2025, Newcastle, UK, pp. 2510-2591. https://doi.org/10.48340/ecscw2025_ws02_02

[50] A. Elmokashfi *et al.*, "A Multi-Perspective Study of Internet Performance during the COVID-19 Outbreak," 2021, *arXiv:2101.05030*. [Online]. Available: http://arxiv.org/abs/2101.05030

[51] Y. Tri Prasetyo *et al.*, "Determining Factors Affecting Customer Loyalty to Internet Service Provider during the COVID-19 Pandemic: A Structural Equation Modeling Approach," in *Proceed.-2022 Asia-Pacific Comput. Technol. Conf., APCT 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Wuhan, China, 2022, pp. 21-31. https://doi.org/10.1109/APCT55107.2022.00009

[52] B. Rogers, M. Apperley, E. Delos Reyes, and M. Masoodian, "Wedge Video: Supporting Remote Participants in a Mixed-Mode Videoconference Meeting," *Interact. Comput.*, vol. 35, no. 5, pp. 666-680, Sep. 2023. https://doi.org/10.1093/iwc/iwad032

[53] P. Luff, C. Heath, N. Yamashita, H. Kuzuoka, and M. Jirotka, "Embedded Reference: Translocating Gestures in Video-Mediated Interaction," *Res. Lang. Soc. Interact.*, vol. 49, no. 4, pp. 342-361, Oct. 2016. https://doi.org/10.1080/08351813.2016.1199088

[54] J. J. Cummings, and E. E. Wertz, "Capturing social presence: Concept explication through an empirical analysis of social presence measures," *J. Comput.-Mediat. Commun.*, vol. 28, no. 1, Jan. 2023. https://doi.org/10.1093/jcmc/zmac027

[55] J. J. Cummings and B. Wertz, "Technological Predictors of Social Presence: A Foundation for a Meta-Analytic Review and Empirical Concept Explication," in *Proceed. 10th Annual Int. Works. Presence*, Boston, 2018. https://matthewlombard.com/ISPR/Proceedings/2018/P2018-Cummings%20&%20Wertz.pdf

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaramos explícitamente que no existe conflicto de interés, ya sea financiero, profesional o personal, que pueda influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Juan Fernando Florez M: conceptualización, diseño del cuasiexperimento y desarrollo de la investigación.

Diego Fernando Valencia M: programación de AVI 2.0, ejecución y recolección de datos durante el cuasiexperimento.

Elena Muñoz E: conceptualización y revisión de manuscrito.

Cesar A. Collazos: conceptualización y revisión de manuscrito.

Julio A. Hurtado y Christian Sturm: revisión y correcciones finales del manuscrito.