

## Tecnologías inmersivas en la innovación educativa: una experiencia formativa en pensamiento computacional

*Immersive technologies in educational innovation: a training  
 experience in computational thinking*

Carlos Enrique George-Reyes\*  
 Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, México  
<https://orcid.org/0000-0002-2529-9155>

Rously Eedyah Atencio-González\*\*  
 Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0001-6845-1631>

Silvia Patricia Bustamante-Ruiz\*\*\*  
 Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador  
<https://orcid.org/0009-0001-2203-024>

Recepción del artículo: 08/09/2025 | Aceptación para publicación: 20/01/2026 | Publicación: 27/03/2026

### RESUMEN

Este estudio exploró la valoración del uso de *cardboards* y videos 360 como herramientas didácticas para el desarrollo del pensamiento computacional (PC) en estudiantes universitarios. Con un diseño cuasi-experimental y enfoque cuantitativo, se aplicó un *pretest* y *posttest* con escala Likert y resolución de estudios de caso en tres niveles de complejidad (básico, intermedio y complejo), a 152 estudiantes de bachillerato del Tecnológico de Monterrey. La intervención consistió en tres sesiones centradas en las habilidades de abstracción, descomposición, identificación de patrones y diseño de algoritmos, integradas en entornos inmersivos. Los resultados mostraron mejoras significativas en la autopercepción de habilidades, especialmente en descomposición y algoritmos, con menor progreso en abstracción. El análisis de *clustering* reveló mayor centralidad de las habilidades prácticas, mientras que la abstracción se desconectó de las demás dimensiones. Aunque se observaron avances en la resolución de casos, estos no alcanzaron significancia estadística en todos los niveles. Las diferencias de género reflejaron brechas persistentes, aunque con mejoras en ambos grupos. Se concluye que las tecnologías inmersivas son eficaces para potenciar el PC, aunque se requieren ajustes metodológicos para asegurar una integración equitativa.

### ABSTRACT

*This study explored the impact of using cardboards and 360-degree videos as instructional tools for developing computational thinking (CT) in university students. Employing a quasi-experimental design and a quantitative approach, a pretest and posttest using a Likert scale and case study resolution at three complexity levels (basic, intermediate, and advanced) were applied to 152 high school students from Tecnológico de Monterrey. The intervention consisted of three sessions focused on the skills of abstraction, decomposition, pattern recognition, and algorithm design, all integrated into immersive environments. The results showed significant improvements in self-perceived skills, particularly in decomposition and algorithms, with less progress observed in abstraction. Clustering analysis revealed a greater centrality of practical skills, while abstraction became disconnected from the other dimensions. Although improvements were noted in case resolution, these did not reach statistical significance at all levels. Gender differences reflected persistent gaps, although both groups showed improvement. It is concluded that immersive technologies are effective in enhancing CT, though methodological adjustments are needed to ensure equitable integration.*



#### Palabras clave

Cardboards; innovación educativa; pensamiento computacional; resolución de problemas



#### Keywords

Cardboards; computational thinking; educational innovation; problem solving

## SOBRE LOS AUTORES

\* Docente investigador de la Universidad Bolivariana de Ecuador, Ecuador. Docente de posgrado de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2529-9155>, correo electrónico: cegeorger@ube.edu.ec; cgeorge@upmh.edu.mx

\*\* Coordinadora de Vinculación de Posgrado de la Universidad Bolivariana del Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6845-1631>, correo electrónico: reatenciog@ube.edu.ec

\*\*\* Directora de Internacionalización y Educación Global de la Universidad Bolivariana del Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2203-0249>, correo electrónico: spbustamanter@ube.edu.ec

## INTRODUCCIÓN

La literatura científica acerca de las habilidades de pensamiento computacional (PC) ha demostrado que estas permiten resolver problemas tanto en la vida académica como en la vida real (He *et al.*, 2021; Andrews-Todd *et al.*, 2023), debido a que están interconectadas con capacidades cognitivas superiores, como el pensamiento crítico, la innovación y la creatividad (Horton & Hardin, 2021; Melton *et al.*, 2022). Por lo anterior, el PC es una competencia transversal altamente valorada en el ámbito educativo y laboral (Acosta *et al.*, 2023; Cabrera *et al.*, 2023). Sin embargo, a pesar de la creciente exploración de cómo cultivar estas habilidades, aún no existe un consenso acerca de cómo medirlas en la resolución de situaciones prácticas (George-Reyes *et al.*, 2023).

Para desarrollar estas habilidades se han utilizado diversas tecnologías, una de estas son los *cardboards*, dispositivos que permiten visualizar experiencias inmersivas en formato tridimensional. Estas herramientas han demostrado ser una solución accesible y efectiva para mejorar el aprendizaje (Gunawan & Halim, 2022), ya que facilita la comprensión de conceptos complejos

mediante la exploración de entornos simulados (Batra *et al.*, 2020).

Este artículo evalúa una experiencia formativa basada en el aprendizaje de los componentes del PC, así como su aplicación mediante una estrategia didáctica basada en el uso de *cardboards*. El enfoque no es solamente medir la percepción de los estudiantes sobre sus habilidades de PC, sino su capacidad para aplicar estas habilidades en la resolución de problemas complejos. Por lo anterior, se ha planteado la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo impacta en la percepción y en el desarrollo de conocimientos sobre PC para la resolución de problemas mediante la implementación de una experiencia formativa mediada por el uso de *cardboards* y videos 360?

## MARCO TEÓRICO

### *El pensamiento computacional como habilitador para la resolución de problemas*

El desarrollo de habilidades relacionadas con el PC es cada vez más importante en la formación de los estudiantes debido a que tiene una valoración

## Al participar en estos entornos inmersivos los estudiantes pueden recrear la sensación de presencia, así como aumentar su motivación e interés, lo que puede generar una mejora en los resultados de aprendizaje

positiva en la mejora de los procesos cognitivos (Adler *et al.*, 2023), así como en la eficacia para la resolución de problemas (Stella *et al.*, 2020). Por lo anterior, se puede afirmar que el PC es una capacidad cognitiva que implica la resolución de situaciones complejas mediante el uso de conceptos y técnicas de la informática (George-Reyes, 2023).

La resolución de retos cognitivos, utilizando al PC como habilitador, implica poner en marcha una serie de habilidades como la abstracción, la descomposición, la identificación de patrones y el diseño de algoritmos (Bati & İkbal, 2021). Estas habilidades permiten conceptualizar problemas en términos de símbolos y reglas que pueden ser manipuladas para encontrar soluciones eficaces (Oteniya *et al.*, 2020). Lo anterior convierte al PC en un conjunto de habilidades esenciales para enfrentar las crecientes demandas de conocimiento en un mundo en constante evolución (Angeli & Giannakos, 2020; Sun *et al.*, 2023).

En cuanto a sus componentes, la literatura indica que la abstracción permite crear representaciones que capturan las características esenciales de un problema, omitiendo detalles irrelevantes (Qian & Choi, 2023), lo que permite enfocar la atención en los aspectos más críticos de un problema; por otra parte, la identificación de patro-

nes facilita a los individuos el análisis de acciones recurrentes (Purwasih & Dahlan, 2024), así como reconocer similitudes y regularidades en diferentes conjuntos de datos o situaciones con el fin de prever comportamientos y tomar decisiones informadas (Lee & Malyn-Smith, 2020).

En cuanto al diseño de algoritmos, esto permite mediante un lenguaje común expresar de manera precisa y clara los pasos necesarios para resolver un problema (Chen *et al.*, 2021). Los algoritmos pueden ser elaborados para crear soluciones más comprensibles y eficientes. Finalmente, la descomposición se refiere a la habilidad para segmentar una situación compleja en partes más manejables, es decir, en estructuras que permiten abordarla de manera sistemática y ordenada (Ellis *et al.*, 2020).

### Videos 360 y cardboards en el aprendizaje

El uso de videos 360 y dispositivos de realidad virtual de bajo costo ha transformado la manera en la que los estudiantes experimentan el aprendizaje (Ferdig & Kosko, 2020; Snelson & Hsu, 2020). Estos dispositivos permiten acceder a entornos inmersivos donde los usuarios pueden explorar contenidos educativos de manera más interactiva (Al-Saud & Moneim, 2020). Al participar en estos entornos inmersivos los estudiantes pueden recrear la sensación de presencia, así como aumentar su motivación e interés, lo que puede generar una mejora en los resultados de aprendizaje (Amri *et al.*, 2022; Kim *et al.*, 2022).

La sensación de inmersión ha demostrado ser útil para mejorar la comprensión de conceptos (Feurstein, 2019), además de que los videos 360 permiten una mayor personalización y adaptabilidad en el aprendizaje (Meilina *et al.*, 2022), ya que los estudiantes pueden controlar el ritmo al que exploran el contenido, repitiendo escenas o centrando su atención en áreas específicas del video (Narzullaevna & Nilufar, 2021).

Esto fomenta un aprendizaje más activo, en el que los estudiantes se involucran de manera

directa en el descubrimiento del conocimiento (Fokides *et al.*, 2021). No obstante, existen desafíos para su implementación, por ejemplo, algunos estudios indican que la calidad de los videos y el tamaño de los archivos pueden dificultar su adopción (Fokides *et al.*, 2020); asimismo, requieren cierto nivel de alfabetización tecnológica por parte de los docentes y estudiantes para que las experiencias se aprovechen satisfactoriamente (Huang *et al.*, 2023). A pesar de estas limitaciones, la relación costo-beneficio es positiva, debido a la valoración que estas tecnologías pueden alcanzar en la educación (Singh & Fiedler, 2020).

## METODOLOGÍA

### Diseño de la investigación

El estudio realizado es cuantitativo y se centró primero en conocer la percepción de los estudiantes sobre sus habilidades de pensamiento computacional para resolver problemas y, en segundo, medir las habilidades para resolver casos utilizando *cardboards* y videos 360. Se utilizó un diseño cuasi-experimental que incluyó una prueba previa y una prueba posterior (*pretest-postest*) (Althubaiti & Althubaiti, 2024).

### Participantes

Participaron 152 estudiantes inscritos en cuatro diferentes grupos de cuarto nivel de pregrado en el Tecnológico de Monterrey con presencia en todo el territorio nacional. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia (Shi & Cheung, 2024), permitiendo así una recolección de datos más accesible y rápida. En la tabla 1 se presenta la distribución por género y edad.

### Diseño de la experiencia formativa

El diseño instruccional de la experiencia formativa se sustentó en el modelo de pensamiento

**Tabla 1.** Distribución de los participantes

Grupo	N	Hombres	Mujeres
1	41	13	28
2	37	23	14
3	36	15	21
4	38	14	24
Total	152	65	87

Fuente: elaboración propia.

computacional para la resolución de problemas complejos propuesto por George-Reyes *et al.* (2025), el cual concibe al PC como un sistema cognitivo integrado por cuatro dimensiones interrelacionadas, organizadas en distintos niveles de complejidad cognitiva. El diseño de la experiencia formativa se conformó por tres sesiones de 60 minutos cada una, en el marco de la asignatura Pensamiento Lógico Computacional.

Durante el período de implementación, los estudiantes interactuaron con videos en formato 360°, previamente elaborados con el objetivo de introducir de manera conceptual los componentes del pensamiento computacional, así como su aplicación en la resolución de problemas planteados a partir de casos de estudio. La visualización de los videos se realizó mediante *cardboards* desarrollados específicamente para esta experiencia. En la figura 1 se muestra el diseño de estos dispositivos.

Los temas fueron desarrollados en torno a cuatro elementos formativos clave del PC: abstracción, descomposición, diseño de algoritmos e identificación de patrones, los cuales se organizaron en tres niveles de complejidad con el propósito de favorecer un aprendizaje progresivo. El nivel básico introdujo los conceptos fundamentales, brindando a los participantes una comprensión inicial de sus definiciones y principios esenciales. En el nivel intermedio, se profundizó en la comprensión conceptual a través de actividades orientadas a identificar y manipular estos elementos en diversos contextos. Finalmente, el nivel avanzado se enfocó en la aplicación práctica de los conocimientos



**Figura 1.** Utilización de *cardboards* durante la experiencia formativa.

Fuente: elaboración propia.

adquiridos, mediante la resolución de problemas complejos inspirados en situaciones reales. La tabla 2 presenta una síntesis del contenido abordado en cada una de las sesiones.

### Instrumentos

Se utilizó el cuestionario “CT-Complex: Horizontes del Pensamiento Computacional”, diseñado

para evaluar la capacidad de resolución de problemas complejos tanto desde la percepción como de la aplicación del conocimiento. El instrumento consta de dos apartados: el primero es una escala Likert con cuatro opciones de respuesta: 1) totalmente en desacuerdo, 2) en desacuerdo, 3) de acuerdo y 4) totalmente de acuerdo, que mide la autovaloración de habilidades clave del PC. En la tabla 3 se presentan las dimensiones e ítems.

**Tabla 2.** Temas desarrollados

Sesión	Nivel de complejidad	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4
1	Básico (Concepto)	Introducción (Objetivo de la sesión)	Video 360 (El pensamiento computacional)	Contenido explicatorio (tópico + video 360)	Caso de estudio (Caso + preguntas + <i>feedback</i> )
2	Intermedio (Comprensión del concepto)	Introducción (Objetivo de la sesión)	Video 360 (Componentes del PC)	Contenido explicatorio (tópico + video 360)	Caso de estudio (Caso + preguntas + <i>feedback</i> )
3	Complejo (Aplicación del concepto)	Introducción (Objetivo de la sesión)	Video 360 (Aplicación del PC para resolver problemas)	Contenido explicatorio (tópico + video 360)	Caso de estudio (Caso + preguntas + <i>feedback</i> )

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Instrumento CT-Complex

Dimensiones	Ítem
Abstracción	Puedo identificar los componentes esenciales de un problema complejo, ignorando los detalles irrelevantes
	Me resulta fácil simplificar problemas complejos para hacerlos más manejables
	Suelo crear modelos o representaciones simplificadas de sistemas reales para entender cómo funcionan
	Puedo explicar conceptos complejos de manera simple a personas sin conocimientos previos en el tema
	Regularmente utilizo ejemplos o metáforas para representar ideas complicadas
	Considero que la capacidad de abstraer es fundamental para solucionar problemas en diversas áreas
	Puedo determinar cuáles son los datos o aspectos más relevantes al enfrentarme a un conjunto de información amplio
Identificación de patrones	Reconozco fácilmente similitudes y diferencias al comparar objetos o situaciones
	Puedo identificar tendencias en conjuntos de datos, incluso si son complejos
	Suelo predecir comportamientos o resultados futuros basándome en patrones observados previamente
	Encuentro patrones subyacentes en problemas aparentemente desordenados o aleatorios
	Utilizo patrones identificados en una situación para resolver problemas en otro contexto. Encuentro patrones subyacentes en problemas aparentemente desordenados o aleatorios
	Puedo clasificar información basándome en características comunes
	Regularmente busco patrones o regularidades como primer paso para entender un nuevo problema
Considero que la identificación de patrones es crucial para el aprendizaje y la solución de problemas	
Diseño de algoritmos	Puedo diseñar pasos secuenciales claros y lógicos para resolver problemas
	Me siento cómodo creando soluciones paso a paso que pueden ser seguidas por otras personas o por computadoras
	Suelo pensar en términos de “si esto, entonces aquello” para planificar cómo abordar tareas o problemas
	Puedo optimizar procesos simplificando o eliminando pasos innecesarios
	Regularmente divido tareas complejas en subprocesos más pequeños y manejables
	Cuando me enfrento a un problema, automáticamente comienzo a pensar en posibles algoritmos para solucionarlo
	Considero que el diseño de algoritmos es una habilidad esencial en la resolución de problemas cotidianos
	Puedo adaptar o modificar algoritmos existentes para mejorar su eficiencia o aplicabilidad a nuevos problemas

Dimensiones	Ítem
Descomposición	Ante un proyecto grande, mi primer instinto es dividirlo en partes más pequeñas y manejables
	Puedo identificar subproblemas dentro de un problema complejo para facilitar su resolución
	Al enfrentar un desafío, suelo organizar las tareas en componentes o etapas
	Encuentro útil dividir las tareas en pasos más pequeños para evitar sentirme abrumado
	Regularmente asigno prioridades a las sub-tareas dentro de un proyecto para mejorar la eficiencia
	Puedo mantener una visión general del proyecto mientras trabajo en sus componentes individuales
	Considero que la descomposición es una estrategia clave para manejar proyectos complejos o a largo plazo
	Suelo utilizar diagramas o listas para organizar y visualizar las partes de un problema o proyecto

Fuente: elaboración propia.

Para evaluar la confiabilidad del instrumento se utilizó el coeficiente del alfa de Cronbach, en la tabla 4 se observan los valores obtenidos en el *pretest* y *posttest*. La dimensión de abstracción muestra un aumento mínimo de 0.0163, reflejando una leve mejora en la consistencia interna en ambas fases. En identificación de patrones, el incremento es más notable, con una diferencia de 0.044, indicando una mayor fiabilidad. La dimensión de diseño de algoritmos presenta un avance de 0.0595, mientras que descomposición registra el mayor cambio, con una diferencia de 0.0983. Todos los valores obtenidos son aceptables (Christmann & Aelst, 2006), lo que confirma la fiabilidad del instrumento.

**Tabla 4.** Alfa de Cronbach para el *pretest* y *posttest*

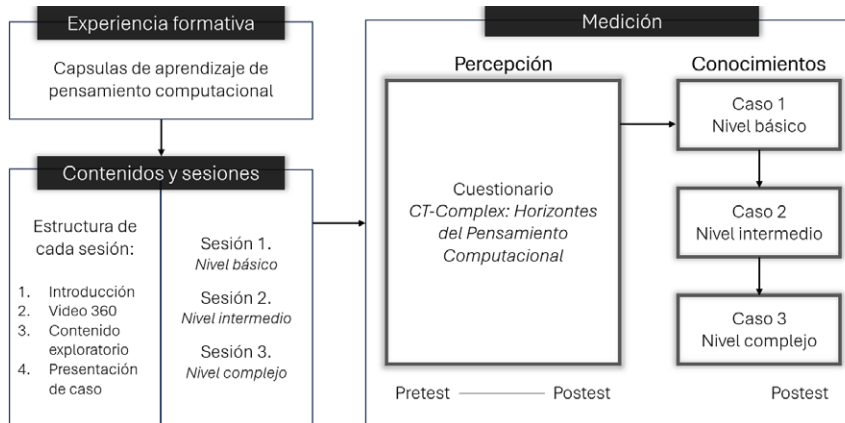
Dimensiones	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Diferencia
Abstracción	0.7639	0.7802	0.0163
Identificación de patrones	0.7808	0.8248	0.044
Diseño de algoritmos	0.8193	0.8788	0.0595
Descomposición	0.7123	0.8106	0.0983

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se presentó una serie de estudios de caso que deben ser analizados y resueltos aplicando los cuatro componentes del PC. Para resolver cada caso, se formularon cuatro preguntas, cada una con tres opciones de respuesta, de las cuales solo una es correcta. Los estudiantes dispusieron de 30 minutos para leer el caso, analizarlo y seleccionar la opción que consideraran más adecuada. Este apartado del instrumento fue validado por 16 expertos, obteniendo un coeficiente de confiabilidad general *V* de Aiken de 0.8731, que puede considerarse como alto (Aiken, 1980). En la figura 2 se observa la estrategia utilizada.

### Análisis de datos

Se llevaron a cabo los siguientes análisis para conocer la percepción: 1) gráficas de valores individuales entre *pretest* y *posttest*, con el objetivo de visualizar las diferencias en los puntajes obtenidas por los estudiantes; 2) gráficas de probabilidad por grupos; 3) análisis de centralidad para comprender la importancia de cada dimensión en



**Figura 2.** Estructura de experiencia formativa y medición.  
Fuente: elaboración propia.

la red de correlaciones tanto antes como después de la experiencia; y 4) análisis de *clustering* para resaltar los hallazgos más importantes, enfatizando los cambios observados en las relaciones entre las dimensiones tras la experiencia.

Para medir los conocimientos se llevó a cabo una comparación detallada entre los porcentajes de respuestas correctas e incorrectas antes y después de la impartición de las sesiones (McNemar, 1947). Este análisis permitió identificar cambios significativos en el rendimiento de los estudiantes. Se consideró un cambio positivo cuando una respuesta incorrecta en el *pretest* se transformó en correcta en el *postest*, lo que refleja un avance en el aprendizaje. Se definió como cambio negativo cuando una respuesta correcta en el *pretest* pasó a ser incorrecta en el *postest*, evidenciando una posible regresión.

### Ética

La información proporcionada por los participantes fue recopilada con su consentimiento.<sup>1</sup> La implementación fue reglamentada y aprobada por el Comité de Ética Tecnológico de Monterrey-IFE-2024-001. Toda la información recuperada

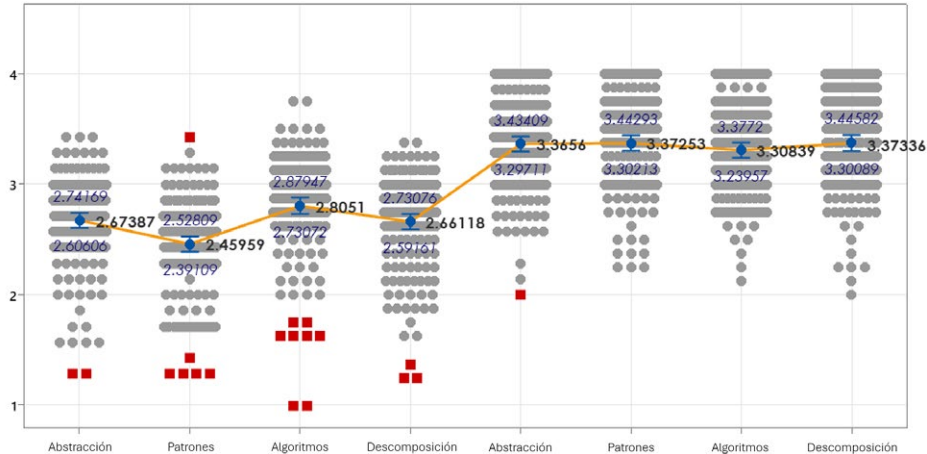
fue protegida de acuerdo con los criterios establecidos en la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares vigente en México.

## RESULTADOS

### Percepción de habilidades de pensamiento computacional

La gráfica 1 ilustra la evolución de la autopercepción de las habilidades de pensamiento computacional antes y después de la experiencia formativa. En general, los valores del *postest* tienden a ser más altos que los del *pretest*, lo que sugiere una mejora significativa en las competencias percibidas por los participantes. Inicialmente, las puntuaciones se concentraban entre los niveles 2 y 3, mientras que en el *postest* se desplazaron hacia los niveles 3 y 4, reflejando un avance progresivo. Asimismo, la presencia de valores atípicos en el *pretest*, asociados a desempeños bajos en ciertas dimensiones, disminuyó en el *postest*, lo que indica una mayor homogeneidad en los resultados. Las medianas de cada dimensión aumentaron,

<sup>1</sup> Los formatos pueden consultarse en el siguiente enlace: <https://comiteinstitucionaletica.tec.mx/es/formatos>



**Gráfica 1.** Gráfica de valores individuales en *pretest* y *posttest*.

Fuente: elaboración propia.

siendo más notorio en las habilidades de diseño de algoritmos y descomposición. En el primer caso, se pasó de un valor de 2.8 a más de 3.3; y, en el segundo, de 2.66 a 3.37. Estos incrementos evidencian una autovaloración positiva del diseño instruccional sobre la autovaloración de las competencias trabajadas.

La gráfica 2 muestra el análisis de la dispersión de las respuestas en el *pretest* a partir de las medias y desviaciones estándar. La gráfica de probabilidad indica una mayor dispersión en las respuestas, lo que sugiere que los participantes no tenían una percepción uniforme de sus habilidades de pensamiento computacional antes de la experiencia formativa. Esto es visible en las dimensiones de diseño de algoritmos y descomposición, donde algunos grupos, como el B en diseño de algoritmos, presentan una desviación estándar de 0.5167, la más alta en esta dimensión, lo que refleja una gran variabilidad en las respuestas. Los valores *p* para la mayoría de las dimensiones en el *pretest* son menores a 0.05, lo que indica diferencias estadísticamente significativas en las respuestas dentro de los grupos, con excepción del grupo C en la dimensión de abstracción, donde el valor *p* es de 0.183, esto

sugiere que no hay diferencias significativas en este grupo.

En el *posttest*, mostrado en la gráfica 3, se observa que las respuestas están más concentradas en valores más altos (3.0-4.0), lo que sugiere una mejora en la autopercepción de las habilidades. La dimensión de abstracción tiene líneas verticales para los grupos A y B, con medias de 3.366 y 3.448, respectivamente, y desviaciones estándar relativamente bajas, lo que refleja una menor dispersión y mayor consistencia en las respuestas. Sin embargo, el grupo C muestra una mayor desviación estándar (0.4846), lo que indica una mayor variabilidad en las respuestas dentro de este grupo. Las probabilidades en esta gráfica del *posttest* muestran una tendencia hacia una mayor concentración de respuestas positivas, lo que refuerza la efectividad de la experiencia formativa en mejorar las habilidades autovaloradas de PC.

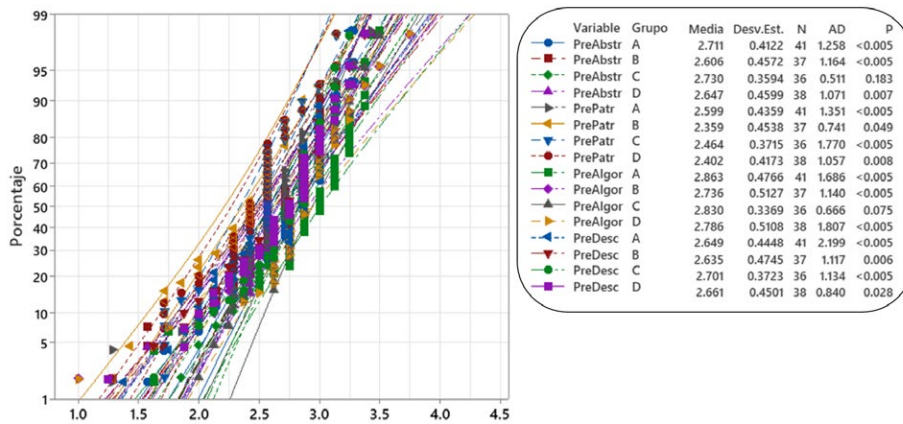
La gráfica 4 presenta la dispersión de los puntajes individuales obtenidos en el *pretest* y en el *posttest*, evidenciando un cambio positivo en la autopercepción de las habilidades de PC tras la experiencia formativa. En el *pretest*, la mayoría de los valores se concentraron entre los niveles 2 y 3, mientras que en el *posttest* se desplazaron hacia

los niveles 3 y 4, esto sugiere un progreso generalizado entre los participantes. Además, se observó una reducción en los valores atípicos, representados por los cuadrados rojos en el *pretest*, que indicaban desempeños significativamente bajos en algunas dimensiones. Esta disminución de la dispersión en el *posttest* refleja una mayor consistencia y homogeneidad en la autovaloración de los estudiantes.

Asimismo, se reportó un aumento en las medianas de cada dimensión evaluada, representadas por los puntos azules y la línea que conecta los promedios. El incremento más notable se dio en

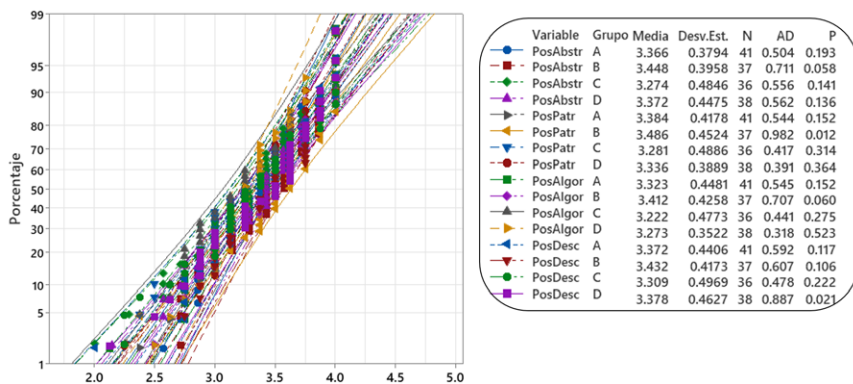
la dimensión de diseño de algoritmos, con un salto de 2.8 en el *pretest* a más de 3.3 en el *posttest*, seguido por la dimensión de descomposición, que pasó de 2.66 a 3.37. Estos resultados reflejan una mejora en la percepción de los participantes sobre sus propias habilidades, atribuible al diseño progresivo y práctico de la experiencia educativa.

Se aplicó una prueba *t* para comparar los resultados del *pretest* y *posttest* por género. En la figura 3 se observa que, en el *pretest*, las mujeres presentaron puntajes más bajos y mayor dispersión en la dimensión de abstracción, con respuestas concentradas entre los niveles 2 y 3 y algunos



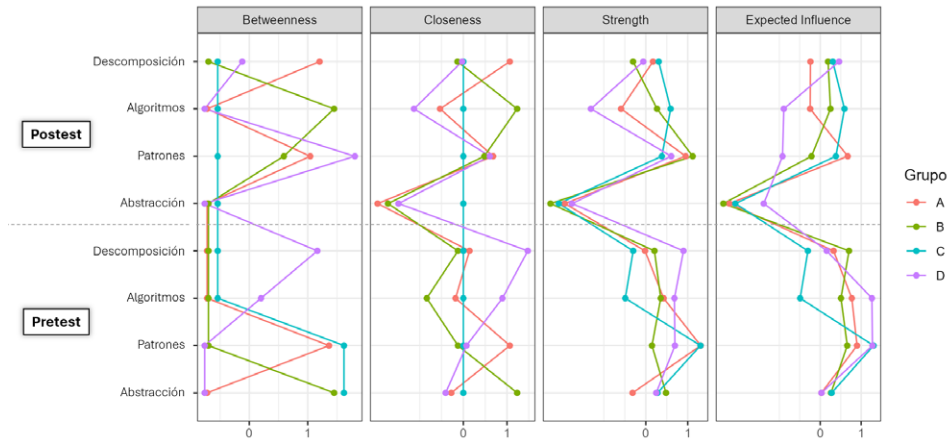
Gráfica 2. Gráfica de probabilidad para el *pretest*.

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 3. Gráfica de probabilidad para el *posttest*.

Fuente: elaboración propia.

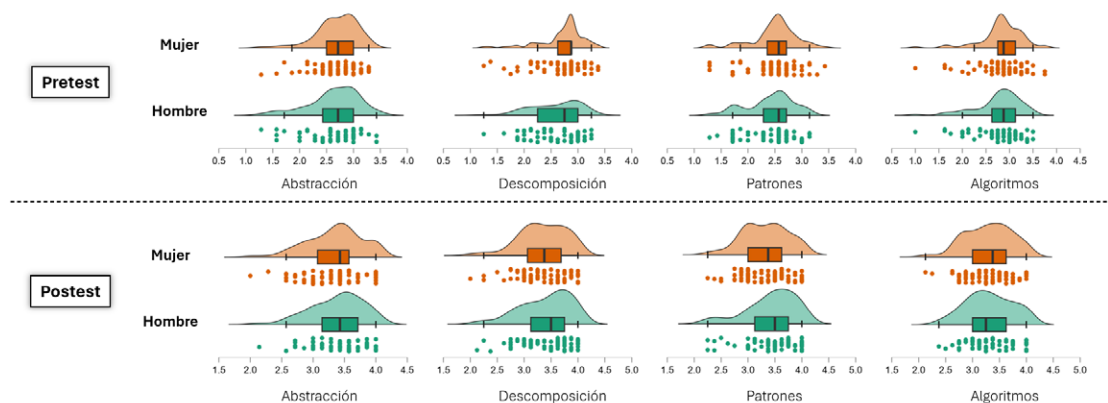


**Gráfica 4.** Gráfica de centralidad en el *pretest* y en el *postest*.  
Fuente: elaboración propia.

casos en el nivel 1, lo que refleja una autoconfianza limitada. En contraste, los hombres mostraron mayor uniformidad, concentrándose en el nivel 3 y sin valores atípicos. En descomposición, ambos géneros mostraron dispersión, aunque fue mayor en las mujeres. En las dimensiones de patrones y algoritmos, los hombres tendieron a ubicarse en niveles altos, mientras que las mujeres mostraron mayor variabilidad y algunos puntajes bajos.

Tras la intervención, los resultados del *postest* reflejaron mejoras significativas en ambos géne-

ros. En abstracción, las mujeres aumentaron su concentración en el nivel 3 y disminuyeron los valores atípicos, aunque persistió cierta dispersión. Los hombres mantuvieron una distribución sólida en los niveles 3 y 4. En descomposición, las mujeres lograron una concentración similar a la de los hombres, reduciendo la variabilidad previa. En patrones y algoritmos, ambos géneros incrementaron su presencia en el nivel 3; sin embargo, las mujeres mantuvieron cierta dispersión y puntuaciones bajas.



**Figura 3.** Prueba t de estudiantes por género.  
Fuente: elaboración propia.

### Conocimientos para resolver el estudio de caso

La tabla 5 presenta los resultados de las respuestas de los estudiantes ante diversos estudios de caso, clasificados en cuatro categorías: +- (correcto en el *pretest*, incorrecto en el *postest*), -+ (incorrecto en el *pretest*, correcto en el *postest*), ++ (correcto en ambas) y -- (incorrecto en ambas). En el nivel básico, la dimensión de abstracción mostró mejora en 108 estudiantes (-+), lo que sugiere un mejor entendimiento tras la intervención. No obstante, el valor de  $p$  (0.549) y los bajos aportes de chi cuadrada (máximo de 0.6579) indican que el cambio no fue estadísticamente significativo. Resultados similares se observaron en la dimensión de descomposición, donde 102 estudiantes mejoraron, pero sin alcanzar significancia estadística.

En las dimensiones de identificación de patrones y diseño de algoritmos, 95 y 103 estudiantes, respectivamente, mostraron mejoras. Algunos mantuvieron un buen desempeño en ambas pruebas (++), lo cual refuerza una tendencia positiva. Sin embargo, los aportes de chi cuadrada fueron bajos y el valor de  $p$  se mantuvo por encima del umbral de significancia, lo que sugiere que las mejoras, aunque visibles, no fueron suficientemente sólidas desde el punto de vista estadístico. El valor de  $V^2$  de Cramer (0.0043) confirma que

la valoración de la autopercepción fue mínima. En conjunto, aunque se observaron avances en el desempeño, especialmente en patrones y algoritmos, los resultados indican que la intervención no logró generar un efecto estadísticamente significativo en el nivel básico.

La tabla 6 muestra los resultados del caso 2, correspondiente a un nivel intermedio, donde se evaluaron mejoras en las dimensiones del pensamiento computacional. En abstracción, 94 estudiantes mejoraron su desempeño (-+), lo que indica un avance relevante en su capacidad para abstraer elementos de un problema. Sin embargo, los aportes de chi cuadrada fueron bajos en todas las categorías (máximo de 0.1379) y el valor de  $p$  no fue significativo, lo que sugiere que, a pesar de las mejoras individuales, estas no alcanzaron relevancia estadística.

En contraste, la dimensión de identificación de patrones mostró resultados estadísticamente significativos. Aunque solo trece estudiantes mantuvieron un buen desempeño (++), 106 mejoraron (-+), con un aporte máximo de chi cuadrada de 8.8276 y un valor de  $p$  de 0.011, lo que indica una valoración positiva de la intervención en esta habilidad. La dimensión de diseño de algoritmos también reflejó avances importantes, con 99 estudiantes que mejoraron su desempeño y un aporte relevante en chi cuadrada (máximo de 2.7931),

**Tabla 5.** Caso 1: nivel inicial, distribución de respuestas

Dimensiones	Respuestas				Valores		
	+-	-+	++	--	Pearson	p-valor	V <sup>2</sup> de Cramer
Abstracción	7	108	26	11	7.851	0.549	0.0043044
Chi cuadrada (aporte)	0.6579	0.3529	0.0210	0.5500			
Patrones	14	95	27	16			
Chi cuadrada (aporte)	2.1316	0.4804	0.0023	0.3682			
Algoritmos	9	103	30	10			
Chi cuadrada (aporte)	0.0263	0.0098	0.3949	1.0227			
Descomposición	8	102	24	18			
Chi cuadrada (aporte)	0.2368	0.0000	0.2827	1.3136			

Fuente: elaboración propia.

reforzando la efectividad del taller para fortalecer esta competencia clave. En conjunto, aunque el valor de  $V^2$  de Cramer (0.0117) sugiere una valoración general pequeña, los resultados estadísticamente significativos en patrones y algoritmos destacan que la intervención fue efectiva para fortalecer habilidades centrales del pensamiento computacional en el nivel intermedio.

En el caso 3, correspondiente al nivel complejo, se evaluó la capacidad de los estudiantes para formular soluciones a problemas mediante los componentes del PC. En la tabla 7 se observa que en la dimensión de abstracción, 89 estudiantes mejoraron su desempeño, pero 46 mantuvieron respuestas incorrectas en ambas mediciones, lo que indica persistentes dificultades en un grupo significativo. Aunque la categoría con mayor aporte al valor de chi cuadrada fue ++ (3.0625), lo que sugiere un dominio previo en algunos casos, el valor de  $p$  (0.017) no alcanzó un umbral de significancia estadística elevado, limitando la solidez del hallazgo.

En cuanto a identificación de patrones, 86 estudiantes mostraron mejora, mientras que 41 no lograron avanzar. La categoría ++ también fue la más representativa (1.5625), lo que indica estabilidad en quienes ya dominaban esta habilidad. Aunque no se alcanzaron valores elevados en otras categorías, esta dimensión reflejó avances importantes. La dimensión de diseño de algoritmos fue

la más beneficiada, con 79 estudiantes que mejoraron su desempeño y un aporte significativo en la categoría ++ (5.0625), lo que evidencia una valoración positiva de la intervención. En contraste, la descomposición presentó resultados menos alentadores: 56 estudiantes no mejoraron y el valor de chi cuadrada fue bajo, lo que sugiere una respuesta menos efectiva de la intervención en esta área. En conjunto, aunque la experiencia formativa favoreció el desarrollo de varias dimensiones del PC —especialmente algoritmos—, se requieren estrategias más efectivas para mejorar la abstracción y la descomposición. El valor de  $V^2$  de Cramer (0.011) confirma que el efecto global de la intervención fue pequeño, destacando la necesidad de reforzar las áreas más débiles para lograr un aprendizaje más integral.

Es importante señalar que, aunque en varios escenarios se observaron incrementos descriptivos en el número de respuestas correctas posteriores a la intervención, la mayoría de estos cambios no alcanzaron significancia estadística, lo que indica que los avances en la transferencia del conocimiento fueron limitados. En consecuencia, los resultados se reportan e interpretan desde una perspectiva cautelosa, evitando inferencias de mejora no sustentadas empíricamente y distinguiendo claramente entre mejoras perceptuales y desempeño cognitivo medido mediante la resolución de casos.

**Tabla 6.** Caso 2: nivel intermedio, distribución de respuestas

Dimensiones	Respuestas				Valores		
	+-	-+	++	--	Pearson	p-valor	$V^2$ de Cramer
Abstracción	8	94	31	19	21.495	0.011	0.0117845
Chi cuadrada (aporte)	0.0076	0.0928	0.1379	0.0880			
Patrones	11	106	13	22			
Chi cuadrada (aporte)	0.9167	0.8351	8.8276	1.0176			
Algoritmos	4	99	38	11			
Chi cuadrada (aporte)	2.1894	0.0412	2.7931	2.5669			
Descomposición	10	89	34	19			
Chi cuadrada (aporte)	0.3712	0.6598	0.8621	0.0880			

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 7.** Caso 3: nivel complejo, distribución de respuestas

Dimensiones	Respuestas				Valores		
	+-	-+	++	--	Pearson	p-valor	V <sup>2</sup> de Cramer
Abstracción	8	89	9	46	20.181	0.017	0.0110643
Chi cuadrada (aporte)	0.1689	0.7392	3.0625	0.0055			
Patrones	14	86	11	41			
Chi cuadrada (aporte)	2.4392	0.2777	1.5625	0.4451			
Algoritmos	9	79	25	39			
Chi cuadrada (aporte)	0.0068	0.0623	5.0625	0.9286			
Descomposición	6	71	19	56			
Chi cuadrada (aporte)	1.1419	1.2931	0.5625	2.4231			

Fuente: elaboración propia.

## DISCUSIÓN

La experiencia formativa basada en *cardboards* y videos 360 mejoró significativamente la autopercepción de las habilidades de PC en los estudiantes, fortaleciendo las conexiones entre dimensiones clave: descomposición, reconocimiento de patrones y diseño de algoritmos. Este resultado respalda la idea de que el PC debe abordarse de manera holística, ya que las habilidades interrelacionadas potencian su alta valoración en la resolución de problemas complejos, tal como lo proponen George-Reyes *et al.*, (2023). Las mejoras observadas en abstracción, aunque más limitadas, subrayan la importancia de integrar esta dimensión con las demás debido a su papel esencial en la conceptualización de problemas (Qian & Choi, 2023).

El análisis estadístico reveló un avance significativo tras la intervención. Los puntajes del *posttest* mostraron una mayor concentración en los niveles superiores de la escala Likert (3-4), mientras que los resultados del *pretest* evidenciaban una mayor dispersión y promedios más bajos, como se ilustra en la figura 2. Este cambio, respaldado por un aumento en el alfa de Cronbach (tabla 4), sugiere que los participantes no solo mejoraron en su percepción individual de habilidades, sino que también ganaron mayor confianza

y consistencia en su autoevaluación. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que destacan la valoración positiva de los entornos inmersivos en la motivación y el aprendizaje activo (Kim *et al.*, 2022; Fokides *et al.*, 2020).

Además, el análisis de centralidad muestra que las habilidades más prácticas (descomposición, patrones y algoritmos) adquirieron un papel central tras la intervención, mientras que la abstracción, al ser más conceptual, perdió relevancia en varios grupos (gráfica 4), lo que indica que existe la necesidad de ajustar la estrategia para lograr una integración efectiva de esta dimensión, tal como señalan estudios sobre su papel fundamental en la simplificación y modelado de problemas (Purwasih & Dahlan, 2024). Finalmente, los resultados de la prueba *t* por género indicaron una mejora generalizada en ambos grupos, con mayor consistencia en los participantes masculinos y una reducción de valores atípicos entre las mujeres. Estos hallazgos refuerzan la efectividad del programa educativo, al tiempo que señalan la necesidad de intervenciones más equitativas que aborden la variabilidad inicial en la percepción de habilidades entre géneros (Shi & Cheung, 2024).

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es el comportamiento diferenciado de la abstracción frente a las demás dimensiones del PC. A diferencia de la descomposición, el reconocimiento de

patrones y el diseño de algoritmos son habilidades de carácter más procedimental, la abstracción mostró una resistencia significativa al cambio, incluso en contextos de aprendizaje inmersivo. Este resultado sugiere que la abstracción opera como una habilidad cognitiva de orden superior, cuya consolidación no emerge automáticamente a partir de la práctica instrumental, sino que requiere mediaciones didácticas específicas, explícitas y progresivas.

Por otra parte, los resultados de los estudios de caso revelan diferencias notables entre los niveles de complejidad. En el nivel básico (tabla 5), aunque se observaron mejoras en las respuestas correctas, estas no fueron estadísticamente significativas, lo que sugiere una autopercepción limitada en el desarrollo inicial del conocimiento. En contraste, en el nivel intermedio (tabla 6) se alcanzaron diferencias significativas en las dimensiones de patrones y algoritmos, reflejando una mayor efectividad de la intervención en la consolidación de habilidades prácticas. Finalmente, en el nivel complejo (tabla 7), aunque hubo avances, especialmente en algoritmos, las dimensiones de abstracción y descomposición presentaron menor progreso, lo que señala áreas que requieren mayor refuerzo pedagógico. Estos hallazgos coinciden con estudios que destacan el valor de la progresión gradual en el aprendizaje de habilidades complejas (Gunawan & Halim, 2022) y el rol central de la abstracción en la conceptualización de problemas (Qian & Choi, 2023), así como el efecto positivo de los entornos inmersivos en el aprendizaje activo (Kim *et al.*, 2022).

Los resultados del presente estudio deben interpretarse considerando las limitaciones inherentes al diseño cuasiexperimental, el cual se desarrolló sin la inclusión de un grupo de control o de comparación. Si bien las comparaciones *pre-test-postest* permitieron identificar cambios en la percepción y en algunas dimensiones del PC dentro de los grupos participantes, estos hallazgos no permiten establecer relaciones causales directas

entre la intervención y los resultados observados. En consecuencia, los efectos identificados deben entenderse como asociaciones contextuales vinculadas a la experiencia formativa, más que como evidencias concluyentes de impacto. Esta consideración refuerza la necesidad de que futuras investigaciones incorporen diseños experimentales o cuasiexperimentales con grupos de contraste, a fin de profundizar en la evaluación del efecto causal de las tecnologías inmersivas sobre el desarrollo del PC en educación superior.

## CONCLUSIONES

Este estudio resalta la importancia de incorporar tecnologías inmersivas, como *cardboards* y videos 360, en el diseño de estrategias educativas para desarrollar habilidades de PC en contextos universitarios. Al abordar dimensiones clave como abstracción, descomposición, identificación de patrones y diseño de algoritmos, la investigación demuestra cómo estas herramientas no solo mejoran la percepción de los estudiantes sobre sus habilidades, sino también su capacidad de aplicarlas en la resolución de problemas complejos. Este enfoque innovador contribuye significativamente al campo de la educación superior al proporcionar evidencia empírica sobre el potencial de estas tecnologías para transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Los resultados también indican que el principal impacto de la experiencia formativa mediada por tecnologías inmersivas se manifiesta en la dimensión afectiva y perceptual del PC, reflejada en el incremento significativo de la autopercepción de habilidades, la motivación y la autoconfianza de los estudiantes, así como en la mayor centralidad de las habilidades procedimentales en el análisis de *clustering*. No obstante, la evidencia empírica obtenida a partir de la resolución de casos muestra que estos avances no se tradujeron de manera consistente en una mejora estadísticamente significativa del rendimiento cognitivo,

particularmente en la dimensión de abstracción, la cual se reveló como la habilidad más resistente al cambio. Este hallazgo debe interpretarse como un desafío metodológico y didáctico relevante, que pone de manifiesto la necesidad de ajustes instruccionales específicos.

Por lo anterior, es necesario hacer un ajuste al modelo instruccional del PC, incorporando una fase diferenciada y explícita para el desarrollo de la abstracción, especialmente en entornos inmersivos. Esta fase debería priorizar actividades de modelización conceptual, construcción de representaciones simbólicas y reflexión metacognitiva, antes de su articulación con tareas algorítmicas o de descomposición. Esta propuesta responde directamente a la desconexión empírica observada entre la abstracción y las habilidades prácticas, y constituye una línea relevante para futuras intervenciones y estudios experimentales.

Las limitaciones identificadas están relacionadas con el diseño cuasi-experimental y el muestreo no probabilístico, y pueden limitar la generalización de los resultados a otros contextos educativos. Además, la dimensión de abstracción mostró una integración menos efectiva en comparación con las demás habilidades, lo que sugiere la necesidad de ajustar las estrategias formativas para abordar esta área. Por último, el enfoque en una sola institución educativa podría restringir el alcance de los hallazgos, sugiriendo que futuros estudios podrían incluir muestras más diversas y representativas.

Futuras investigaciones deberán considerar intervenciones didácticas de mayor extensión temporal y con un énfasis más sostenido en la práctica guiada y reflexiva, así como la incorporación de grupos de contraste, con el fin de evaluar con mayor precisión el impacto de estas estrategias en el rendimiento cognitivo y en la consolidación de las distintas dimensiones del PC en educación superior. Asimismo, se podría explorar cómo la incorporación de tecnologías inmersivas afecta otras competencias, como la creatividad o la resolución colaborativa de problemas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen a la Universidad Bolivariana del Ecuador por el apoyo financiero proporcionado a través de la Vicerrectoría de Investigación y Vinculación Social, así como al grupo de investigación Women in Smart Education: Complexity & AI Literacy Hub (WISE-AI).

## REFERENCIAS

- Acosta, Y., Alsina, Á. & Pincheira, N. (2023). Computational thinking and repetition patterns in early childhood education: Longitudinal analysis of representation and justification. *Education and Information Technologies*, 29, 7633-7685. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12051-6>
- Adler, R. F., Hibdon, J., Kim, H., Mayle, S., Pines, B. & Srinivas, S. (2023). Assessing computational thinking across a STEM curriculum for pre-service teachers. *Education and Information Technologies*, 28(7), 8051-8073. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11508-4>
- Aiken, L. R. (1980). Content validity and reliability of single items or questionnaires. *Educational and Psychological Measurement*, 40(4), 955-959. <https://doi.org/10.1177/001316448004000419>
- Al-Saud, K., & Moneim, D. (2020). The effectiveness of an educational unit using cardboard in developing the aesthetic sense of education students technical king faisal university. *International Journal of Multidisciplinary Studies in Art and Technology*, 20(6), 1443-1446. <https://n9.cj/4dbllk>
- Althubaiti, A. & Althubaiti, S. M. (2024). Flipping the Online Classroom to Teach Statistical Data Analysis Software: A Quasi-Experimental Study. *SAGE Open*, 14(1). <https://doi.org/10.1177/21582440241235022>
- Amri, S., Budiyanto, C. W., Fenyvesi, K., Yuana, R. A. & Widiastuti, I. (2022). Educational Robotics: Evaluating the Role of Computational Thinking in Attaining 21st Century Skills. *Open Education Studies*, 4(1), 322-338. <https://doi.org/10.1515/edu-2022-0174>
- Andrews-Todd, J., Jiang, Y., Steinberg, J., Pugh, S. L. & D'Mello, S. K. (2023). Investigating collaborative problem-solving skills and outcomes across computer-based tasks. *Computers and Education*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104928>

- Angeli, C. & Giannakos, M. (2020). Computational thinking education: Issues and challenges. *Computers in Human Behavior, 105*, 106185. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>
- Bati, K. & İkbal Yetişir, M. (2021). Examination of Turkish Middle School STEM Teachers' Knowledge about Computational Thinking and Views Regarding Information and Communications Technology. *Computers in the Schools, 38*(1), 57-73. <https://doi.org/10.1080/07380569.2021.1882206>
- Batra, J., Richardson, R. & Webb, R. (2020). How can instructors strengthen students' motivation to learn complex 3D concepts in an engineering classroom? *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274193>.
- Cabrera, L., Ketelhut, D. J., Mills, K., Killen, H., Coenraad, M., Byrne, V. L. & Plane, J. D. (2023). Designing a framework for teachers' integration of computational thinking into elementary science. *Journal of Research in Science Teaching, 61*(6). <https://doi.org/10.1002/tea.21888>
- Chen, Z., Chen, Z., Shuai, Z., Zhang, G., Pan, W. & Wang, J. (2021). Synthesize solving strategy for symbolic execution. Proceedings of the 30th ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis. <https://doi.org/10.1145/3460319.3464815>
- Christmann, A. & Aelst, S. (2006). Robust estimation of Cronbach's alpha. *Journal of Multivariate Analysis, 97*, 1660-1674. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2005.05.012>.
- Ellis, K., Wong, C., Nye, M., Sablé-Meyer, M., Cary, L., Morales, L., Hewitt, L., Solar-Lezama, A. & Tenenbaum, J. (2020). DreamCoder: Growing generalizable, interpretable knowledge with wake-sleep Bayesian program learning. ArXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.08381>
- Ferdig, R. & Kosko, K. (2020). Implementing 360 Video to Increase Immersion, Perceptual Capacity, and Teacher Noticing. *TechTrends*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00522-3>.
- Feurstein, Michael S. (2019). Exploring the Use of 360-degree Video for Teacher- Training Reflection in Higher Education. Proceedings of DELFI Workshops 2019. *Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.z*, 153. *DELFI: Workshop. Berlin*, 16.-19. <https://doi.org/10.18420/delfi2019-ws-117>.
- Fokides, E., Atsikpasi, P. & Arvaniti, P. (2021). Lessons learned from a project examining the learning outcomes and experiences in 360o videos. *Journal of Educational Studies and Multidisciplinary Approaches, 1*(1), 50-70. <https://doi.org/10.51383/JESMA.2021.8>.
- Fokides, E., Polydorou, E., & Mazarakis, P. (2020). Using Google Cardboard Compatible HMDs and Spherical Videos for Teaching History to High School Students. *International Journal of Smart Education and Urban Society (IJSEUS), 11*, 18-34. <https://doi.org/10.4018/IJSEUS.2020100102>.
- George-Reyes, C. (2023). Imbricación del pensamiento computacional y la alfabetización digital en la educación. Modelación a partir de una revisión sistemática de la literatura. *Revista Española de Documentación Científica, 46*(1), e345. <https://doi.org/10.3989/redc.2023.1.1922>
- George-Reyes, C., López-Caudana, E.O., Ramírez-Montoya, M.S. y Ruiz-Ramírez, J. (2023). Pensamiento computacional basado en realidad virtual y razonamiento complejo: caso de estudio secuencial. *RED. Revista de Educación a Distancia, 23*(73). <http://dx.doi.org/10.6018/red.540841>
- George-Reyes, C. E., Oliva-Córdova, L. M., Avello-Martínez, R. y López-Caudana, E. (2025). Pensamiento computacional para la resolución de problemas complejos: ODS 7 Energía asequible y no contaminante. *RED. Revista de Educación a Distancia, 25*(82). <http://doi.org/10.6018/red.638541>
- Gunawan, I. & Halim, E. (2022). Online Mini Workshop on Recycled Cardboard Craft with Batik Pattern for Junior High School Students. *Journal of Innovation and Community Engagement, 3*(2), 132-143. <https://doi.org/10.28932/ice.v3i2.4450>
- He, Q., Borgonovi, F. & Paccagnella, M. (2021). Leveraging process data to assess adults' problem-solving skills: Using sequence mining to identify behavioral patterns across digital tasks. *Computers and Education, 166*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104170>
- Horton, N. J. & Hardin, J. S. (2021). Integrating Computing in the Statistics and Data Science Curriculum: Creative Structures, Novel Skills and Habits, and Ways to Teach Computational Thinking. *Journal of Statistics and Data Science Education, 29*(S1), S1-S3. <https://doi.org/10.1080/10691898.2020.1870416>
- Huang, H., Li, Y. & Cai, S. (2023). Best Practices for Integrating 360 VR Videos into Psychology Teaching. *2023 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR)*, 447-451. <https://doi.org/10.1109/ICVR57957.2023.10169358>.
- Kim, J., Kim, K. & Kim, W. (2022). Impact of Immersive Virtual Reality Content Using 360-Degree Videos in Undergraduate Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 15*, 137-149. <https://doi.org/10.1109/tlt.2022.3157250>.
- Lee, I. & Malyn-Smith, J. (2020). Computational Thinking Integration Patterns Along the Framework Defining Computational Thinking

- from a Disciplinary Perspective. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 9-18. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09802-x>
- McNemar, Q. (1947). Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika*, 12(2), 153-157. <https://doi.org/10.1007/BF02295996>
- Meilina, D., Ismunandar, A., R, R., Mokodenseho, S. & Haris, M. (2022). Utilization of Used Cardboard Waste as a Learning Resource to Improve Early Childhood Fine Motor Development. *Bulletin of Early Childhood*. <https://doi.org/10.51278/bec.v1i2.612>
- Melton, J. W., Saiful, J. A. & Shein, P. P. (2022). Interdisciplinary STEM program on authentic aerosol science research and students' systems thinking approach in problem-solving. *International Journal of Science Education*, 44(9), 1419-1439. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2080886>
- Narzullaevna, K. & Nilufar, T. (2021). Methodology for conducting technology lessons on working with paper and cardboard. *Academica: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11, 588-596. <https://doi.org/10.5958/2249-7137.2021.00089.6>
- Oteniya, A., Sadiku, M. & Musa, S. (2020). Symbolic Computing. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*. <https://doi.org/10.1036/1097-8542.757385>
- Purwasih, R. & Dahlan, J. A. (2024). How do you solve number pattern problems through mathematical semiotics analysis and computational thinking? *Journal on Mathematics Education*, 15(2), 403-430. <https://doi.org/10.22342/jme.v15i2.pp403-430>
- Qian, Y. & Choi, I. (2023). Tracing the essence: Ways to develop abstraction in computational thinking. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1055-1078. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10182-0>
- Shi, J. & Cheung, A. (2024). The Impacts of a Social Emotional Learning Program on Elementary School Students in China: A Quasi-Experimental Study. *Asia-Pacific Education Researcher*, 33(1), 59-69. <https://doi.org/10.1007/s40299-022-00707-9>
- Singh, S. & Fiedler, M. (2020). Quality of Experience of 360-degree Videos Played in Google Cardboard Devices. In *Proceedings of the 17th International Joint Conference on e-Business and Telecommunications - SIGMAP*; 115-122. <https://doi.org/10.5220/0009886901150122>.
- Stella, M., Kapuza, A., Cramer, C. & Uzzo, S. (2020). Mapping computational thinking mindsets between educational levels with cognitive network science. *Journal of Complex Networks*, 9. <https://doi.org/10.1093/comnet/cnab020>.
- Sun, L., You, X. & Zhou, D. (2023). Evaluation and development of STEAM teachers' computational thinking skills: Analysis of multiple influential factors. *Education and Information Technologies*, 28(11), 14493-14527. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11777-7>

Este artículo es de acceso abierto. Los usuarios pueden leer, descargar, distribuir, imprimir y enlazar al texto completo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente.

### CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

George-Reyes, C. E., Atencio-González, R. E. y Bustamante-Ruiz, S. P. (2026). Tecnologías inmersivas en la innovación educativa: una experiencia formativa en pensamiento computacional. *Apertura*, 18(1), 86-103. <http://doi.org/10.32870/Ap.v18n1.2749>