

# Desarrollo de habilidades de pensamiento computacional y visualización a través del juego de mesa *Colour Code*

## Development of computational thinking and visualization skills through the board game *Colour Code*

**Juan Miguel Ribera Puchades** 

Universitat de les Illes Balears

España

j.ribera@uib.es

**Lucia Rotger García** 

Universitat de les Illes Balears

España

lucia.rotger@uib.es

**Ana Belén Petro Balaguer** 

Universitat de les Illes Balears

España

anabelen.petro@uib.es

**Resumen.** Enseñar habilidades de Pensamiento Computacional (PC) a través de alternativas desenchufadas, que no requieren el uso de dispositivos electrónicos, ofrece una manera alternativa de involucrar al alumnado en conceptos clave sin depender de la tecnología. Este estudio tiene como objetivo analizar el desarrollo de habilidades de PC mediante el uso del juego de mesa *Colour Code*, enfocándose especialmente en la Visualización, necesaria para resolver los retos presentados en el juego. Se adoptó un enfoque cualitativo, analizando las grabaciones de vídeo de 16 parejas de estudiantes con altas capacidades, participantes de un programa de enriquecimiento curricular. Los resultados indican que los participantes aplican eficazmente habilidades de PC, tales como la organización sistemática de la información, descomposición de problemas, ejecución de pasos iterativos y depuración de errores. Asimismo, emplean habilidades de Visualización avanzadas como la discriminación visual y el análisis de la relación figura-fondo para resolver los retos. La investigación destaca la eficacia de los juegos de mesa como herramientas didácticas en el aula de geometría, permitiendo el desarrollo de habilidades de PC y Visualización. Este enfoque promueve un aprendizaje más inclusivo y accesible, ofreciendo un método alternativo para enriquecer la educación matemática a través de desafíos lúdicos y escalables.

*Palabras clave:* pensamiento computacional; visualización espacial; pensamiento computacional desenchufado; educación matemática; resolución de problemas; juego de mesa.

**Abstract.** Teaching Computational Thinking (CT) skills through unplugged alternatives, which do not require the use of electronic devices, offers an alternative way to engage students in key concepts without relying on technology. This study aims to analyze the development of CT skills through the use of the board game *Colour Code*, focusing especially on Visualization, which is necessary to solve the challenges presented in the game. A qualitative approach was adopted, analyzing video recordings of 16 pairs of high-ability students participating in a curricular enrichment program. The results indicate that participants effectively apply CT skills, such as systematic organization of information, problem decomposition, execution of iterative steps, and error debugging. Additionally, they employ advanced Visualization skills such as visual differentiation and analyzing figure-ground relationships to solve the challenges. The research highlights the effectiveness of board games as teaching tools in the geometry classroom, allowing for the development of CT and Visualization skills. This approach promotes more inclusive and accessible learning, offering an alternative method to enrich mathematics education through scalable and playful challenges.

*Keywords:* computational thinking; spatial visualization; unplugged computational thinking; mathematics education; problem solving; board game.

## Introducción

La alfabetización en Pensamiento Computacional (PC) se considera una de las capacidades básicas del siglo XXI (Barr et al., 2011; Grover y Pea, 2013). Por lo tanto, los enfoques para cultivar el PC se han convertido en un tema de investigación candente, como la robótica educativa (Atmatzidou & Demetriadis, 2016; Zhang & Wong, 2024), la programación (Sun et al., 2021), los juegos (Kazimoglu et al., 2011), la integración de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas (STEM) (Gadanidis, 2017; Weintrop et al., 2016), los juegos de mesa (Tsarava et al., 2018), etc. En el caso de las matemáticas, Miguel De Guzmán (2004) propone enriquecer el currículo estándar mediante la inclusión de una diversidad de textos y actividades extendidas, destacando la utilidad de incorporar juegos de lógica y estrategia, puzzles, tareas de matemáticas recreativas y problemas abiertos que admitan diversas soluciones. Algunos estudios han señalado que los entornos lúdicos no solo enriquecen la comprensión de conceptos matemáticos a través de prácticas activas y dinámicas, sino que también fomentan un aprendizaje más profundo, aumentando la motivación de los estudiantes y mejorando sus resultados académicos (De la Fuente & Garrido-Martos, 2023). Como forma popular de juego, los juegos de mesa implican diferentes reglas e incorporan lógica, competición y colaboración (Zagal et al., 2006) similar a como un estudiante de matemáticas interactúa con conceptos y teoremas por primera vez (De Guzmán, 1989). Así mismo, existen algunos juegos de mesa que permiten perfeccionar las habilidades de PC, de forma desenchufada, diseñados con ese propósito (Apostolellis et al., 2014) o comerciales, como Robot City (Kuo & Hsu, 2020).

Los juegos constituyen una buena plataforma para que los estudiantes con altas capacidades matemáticas apliquen y desarrollen sus habilidades enfrentándose a retos que exigen capacidades como la visualización espacial, el análisis estratégico y la resolución de problemas complejos (Benavides & Maz-Machado, 2012). En particular, la Visualización es uno de los tres procesos cognitivos que intervienen en la resolución de problemas de geometría, junto a la construcción con herramientas y el razonamiento (Duval, 1998). Además, el uso de juegos de mesa de geometría puede mejorar las capacidades de Visualización y razonamiento espacial; en concreto, el juego puede mejorar la percepción espacial, la rotación mental y el rendimiento en geometría (Chung et al., 2017).

En este estudio se planteó la hipótesis de que la resolución y la creación de nuevos retos del juego de mesa *Colour Code* permitiría desarrollar habilidades de PC y de Visualización. Por lo tanto, se realizó un estudio empírico para examinar las dos preguntas de investigación siguientes:

1. ¿Qué habilidades de PC se pueden desarrollar en las diferentes acciones que se realizan al resolver y crear retos en el juego de mesa *Colour Code*?
2. ¿Cuáles son las habilidades de Visualización que intervienen en las habilidades de PC que se emplean en las acciones de resolución y creación de retos del *Colour Code*?

## Marco teórico

### Pensamiento Computacional

El origen del Pensamiento Computacional se remonta al enfoque constructorista introducido por Papert (1980), que fue el pionero en representar la relación entre la programación y las habilidades de pensamiento, y que más tarde se formalizó por Wing (2006) como "la resolución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano que se basa en conceptos propios de la informática" (p. 33). En los últimos años, numerosas investigaciones han tratado de dar una definición global de PC. Aunque su importancia es ampliamente reconocida, no existe un consenso general sobre su definición.

La perspectiva principal y más ampliamente adoptada caracteriza el PC como un proceso de resolución de problemas. Siguiendo la definición anterior de Wing (2006), el PC abarca los procesos cognitivos implicados en la formulación y resolución de problemas relacionándolo con diferentes disciplinas. Más tarde, la propia Wing (2017) extiende esta idea al contemplar el PC como un proceso mental que incluye tanto el planteamiento del problema como la elaboración de soluciones que puedan implementarse de forma que un ser humano o una máquina puedan ejecutarlas. Esta perspectiva resalta tanto la relevancia de entender como la de generar problemas, procesos fundamentales en la resolución de problemas en el

área de matemáticas. Barr y Stephenson (2011) destacan que el PC es un proceso de pensamiento de resolución creativa de problemas, pero con menos énfasis en la programación. En concreto, la Sociedad Internacional para la Tecnología en la Educación (ISTE) y la Asociación de Profesores de Informática (CSTA) proporcionan conjuntamente una definición operativa de PC que se asocia con, pero no se limita a, las siguientes características: (1) formulación de problemas que pueden ser resueltos con el uso de dispositivos y herramientas informáticas; (2) organización y análisis lógico de datos; (3) representación abstracta de datos; (4) automatización de soluciones a través del pensamiento algorítmico; (5) resolución de problemas de manera eficiente y efectiva; e (6) implementación del proceso de resolución de problemas a una gran variedad de situaciones y ámbitos (ISTE & CSTA, 2011).

Otra perspectiva considera que el PC implica la expresión fluida de ideas a través de la computación. Los estudiantes pueden utilizar la programación como lenguaje para mostrar sus conocimientos, articular pensamientos y comunicar ideas (Brennan & Resnick, 2012; Resnick, 2017). El PC se operativiza a través de conceptos informáticos elementales (es decir, conceptos y habilidades para la programación), como la secuenciación básica, la estructura condicional y la estructura de bucles (Ayman et al., 2018; Eagle & Barnes, 2009; Esper et al., 2014). Existen juegos, como CodeSpells o EleMental, que intentan simular la cultura informática haciendo que los estudiantes completen tareas utilizando un lenguaje textual estándar del sector (Kazimoglu et al., 2011; Zhao & Shute, 2019). Por ejemplo, al jugar a CodeSpells, desarrollado por Esper et al. (2014), los alumnos como magos, aprenden habilidades de programación en Java como el uso de parámetros, bucles y condicionales para crear hechizos y resolver retos en un mundo mágico. Jugando a EleMental (Chaffin et al., 2009), los alumnos deben escribir código para aprender la recursividad mediante la técnica de búsqueda en profundidad (*Depth-first search*) en un árbol binario.

La definición de PC en la literatura actual y su relación con las matemáticas permanece en un estado de evolución. De hecho, existe una relación recíproca entre el PC y el aprendizaje de las matemáticas, donde la informática enriquece el aprendizaje en matemáticas y ciencias, y estos campos proporcionan un marco para fortalecer el aprendizaje computacional (Weintrop et al., 2016). Por un lado, se encuentran evidencias de cómo el PC puede enriquecer la educación matemática (Barcelos et al., 2018; Chan et al., 2023; Cui & Ng, 2021). Por otro lado, otras investigaciones muestran que el pensamiento matemático desempeña un rol importante en el PC en la creación de modelos o en la abstracción (Gadanidis, 2017).

Siguiendo la perspectiva principal, la definición operativa de PC tiende a basarse en los conceptos y habilidades fundamentales de la informática (es decir, conceptos y habilidades para la programación), como la abstracción, la algoritmia, la descomposición, la experimentación y la depuración. Bers (2018) adoptó un planteamiento de aprendizaje por desarrollo, caracterizando el PC en la educación temprana como los comportamientos computacionales

abstractos y la capacidad de identificar errores, culminando en la formulación de las “siete ideas principales”: algoritmos, modularidad, estructuras de control, representación, hardware/software, proceso de diseño y depuración. Estas ideas se implementan de una manera apropiada para el desarrollo y pueden enseñarse a través de cursos de informática o robótica diseñados específicamente para niños pequeños (Bers, 2018). Según la revisión realizada por Grover y Pea (2013), los siguientes aspectos están ampliamente aceptados en la actualidad como habilidades de PC y constituyen la base de los programas de formación que pretenden fomentar su aprendizaje y evaluar su desarrollo:

1. Abstracciones y Generalizaciones de Patrones (incluyendo modelos y simulaciones) (AGP). Identificación de los principios subyacentes que rigen los problemas y las soluciones, y uso de estos principios para crear modelos generales que simplifiquen y expliquen sistemas complejos.
2. Procesamiento Sistemático de la Información (PSI). Organización y manipulación de datos de forma metódica, para procesar eficazmente la información mediante pasos computacionales.
3. Sistemas de Símbolos y Representaciones (SSR). Uso de diversos símbolos y representaciones gráficas para representar datos, procesos y sus interacciones dentro de un sistema, lo que facilita la comprensión y manipulación de conceptos complejos.
4. Nociones Algorítmicas de Flujo de Control (NAFC). Comprensión y aplicación de la lógica de las operaciones paso a paso, incluida la secuencia y las condiciones en que se producen estas operaciones, para alcanzar un objetivo específico.
5. Descomposición Estructurada de Problemas (modularización) (DEP). División de un problema complejo en partes más pequeñas y manejables, lo que facilita abordar los componentes individuales y resolver el problema global con mayor eficacia.
6. Pensamiento Iterativo, Recursivo y Paralelo (PIRP). Empleo de métodos iterativos y recursivos para perfeccionar las soluciones, y de pensar en paralelo para gestionar varios procesos simultáneamente y resolver los problemas con mayor eficacia.
7. Lógica Condicional (LC). Uso de expresiones si-entonces que permiten tomar decisiones en función de condiciones específicas, facilitando el flujo de control en algoritmos y programas.
8. Restricciones de Eficiencia y Rendimiento (RER). Optimización de soluciones no sólo en cuanto a corrección, sino también en cuanto a eficiencia, garantizando que las soluciones sean prácticas y eficaces dentro de unas limitaciones de recursos dadas.
9. Depuración y Detección Sistemática de Errores (DDSE). Identificación, diagnóstico y corrección de errores en sistemas computacionales, garantizando la precisión y funcionalidad de algoritmos y programas.

Estas habilidades de PC se relacionan con la forma en la que se trata la resolución de problemas en el área de las matemáticas. En matemáticas, al igual que en el PC, se hace hincapié en la importancia de identificar y definir los problemas con precisión, utilizar variables para organizar y simplificar el problema y descomponerlo en fragmentos más sencillos y manejables. Esta similitud pone de manifiesto que el PC no sólo complementa, sino que enriquece las metodologías clásicas de resolución de problemas matemáticos (Maharani et al., 2019), ofreciendo un esquema estructurado y reforzado por la tecnología para afrontar problemas complejos con eficiencia y eficacia.

### **Desarrollo del pensamiento computacional a través del juego**

El aprendizaje basado en el juego (ABJ) en la educación se define como la integración de contenidos didácticos y objetivos de aprendizaje en la estructura de los juegos, que funcionan como herramientas educativas para mejorar la experiencia de aprendizaje (Gee, 2003). Se considera una metodología eficaz que podría proporcionar a los estudiantes oportunidades de aprendizaje experiencial al implicarlos en procesos de resolución de problemas significativos en una simulación interactiva y contextual (Gee, 2003; Ke, 2016). Muchos estudios han aportado pruebas empíricas que muestran que el ABJ puede aportar beneficios cognitivos y no cognitivos, incluyendo la metacognición, la adquisición de conocimientos, el desarrollo de habilidades, la motivación para el aprendizaje de contenidos y el cambio de actitud, especialmente, en matemáticas (Ke & Clark, 2020; Pan & Ke, 2023; Pan et al., 2022). Como indica Miguel de Guzmán (2004, p. 14), los juegos de ingenio no sólo ofrecen entretenimiento y retos, sino que también promueven el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico y estratégico. Además, proporcionan a los alumnos la oportunidad de abordar problemas que requieren un análisis y una resolución creativa, constituyendo una plataforma propicia para aplicar y ampliar sus habilidades matemáticas en un contexto estimulante y motivador.

Múltiples investigadores han empleado el ABJ para desarrollar el PC del alumnado, y muchos informaron que el ABJ se asoció con un aumento significativo en la adquisición de conocimientos, habilidades y destrezas correspondientes al PC (Liu & Jeong, 2022; Zhao & Shute, 2019). Algunos juegos, como *Penguin Go*, diseñado por investigadores, buscan mejorar las habilidades de resolución de problemas en el alumnado, las cuales están estrechamente ligadas a competencias clave de la programación como abstracción, algoritmia, descomposición, verificaciones y depuración de errores (Liu & Jeong, 2022; Zhang & Nouri, 2019). Sin embargo, para evaluar de manera completa el desarrollo del PC, podría ser insuficiente centrarse solo en los conceptos y habilidades de aprendizaje relacionados con la programación (Zhang & Nouri, 2019). Para abordar esta brecha, este estudio pretende investigar las habilidades de PC de los estudiantes a través de un juego de mesa comercial accesible que presenta reglas claras y diferentes niveles de complejidad. Este enfoque hace posible una propuesta de actividades de “suelo bajo y techo alto” accesibles

para todos los estudiantes que no tienen conocimientos previos de programación, propiciando una práctica inclusiva en el aula de matemáticas (Gadanidis et al., 2017). De hecho, Cai et al. (2015) destacan el potencial que tienen este tipo de actividades para la propuesta de problemas por parte de los propios estudiantes.

### **Pensamiento computacional desenchufado**

En el contexto actual, países de todo el mundo están iniciando reformas que promueven la integración del PC en la Educación Primaria (Yadav & Berthelsen, 2021), como es el caso de España. El método de enseñanza de la programación en estas aulas sigue siendo la enseñanza a través del ordenador (Zhang & Nouri, 2019). Sin embargo, es importante reconocer que los ordenadores no son un requisito previo indispensable para la programación (Bell et al., 2009). En lugar de utilizar herramientas informáticas, los alumnos pueden experimentar y cooperar entre sí, resolver problemas y pensar de forma creativa, lo que puede hacer que el estudio de los conceptos informáticos sea concreto y sencillo, y puede utilizarse para reforzar las habilidades de PC (Dağ et al., 2023). Las investigaciones indican que la programación desenchufada puede fomentar eficazmente las habilidades de PC en el estudiantado y facilitar la transferencia de estas habilidades a otros contextos de resolución de problemas en otras áreas, como las matemáticas (Brackmann et al., 2017; Looi et al., 2018).

Sun et al. (2021) descubrieron que participar en actividades de programación desenchufada antes de pasar a la programación conectada puede mejorar más eficazmente las habilidades de PC del alumnado y compensar cualquier disparidad resultante de experiencias de programación anteriores. Dağ et al. (2023) implementaron un curso de codificación desenchufada; los resultados indicaron que este curso permitió mejorar significativamente las habilidades de PC del alumnado, en particular en áreas como el diseño de algoritmos, la abstracción, la evaluación, la descomposición y la generalización.

Existen diferentes experiencias que han usado el enfoque desenchufado para cultivar la capacidad de PC de los estudiantes a través de la resolución de puzles (Ribera-Puchades & Rotger, 2024) o a través de juegos de mesa (Harris, 2018), logrando mejorar la motivación para el aprendizaje (Berland & Lee, 2011).

A pesar de la investigación existente sobre cómo la programación desconectada promueve el PC, se encuentra una atención limitada a la relación con la resolución de problemas de matemáticas en los que intervienen habilidades de Visualización.

### **Visualización**

Una imagen mental es una representación de un concepto o propiedad que contiene información de tipo gráfico, pictórico o diagramático (Kosslyn, 1980). De esta forma, Kosslyn define la Visualización como el tipo de razonamiento basado en el uso de imágenes

mentales. Según Linn y Petersen (1985), es la capacidad humana que implica la representación, transformación, creación y recuerdo de información simbólica y no lingüística. La Visualización, en el área de matemáticas, es entendida por Gutiérrez (1996) como el tipo de actividad de razonamiento basada en el uso de elementos visuales o espaciales, ya sean físicos o mentales, realizada para resolver problemas o demostrar propiedades (Figura 1). Las ideas, conceptos y métodos matemáticos tienen un rico contenido visual, que puede representarse de forma intuitiva, geométrica, y cuyo uso es muy útil, tanto en las tareas de presentación y manejo de estos conceptos como en su manipulación para resolver problemas (De Guzmán, 1996, p. 15).

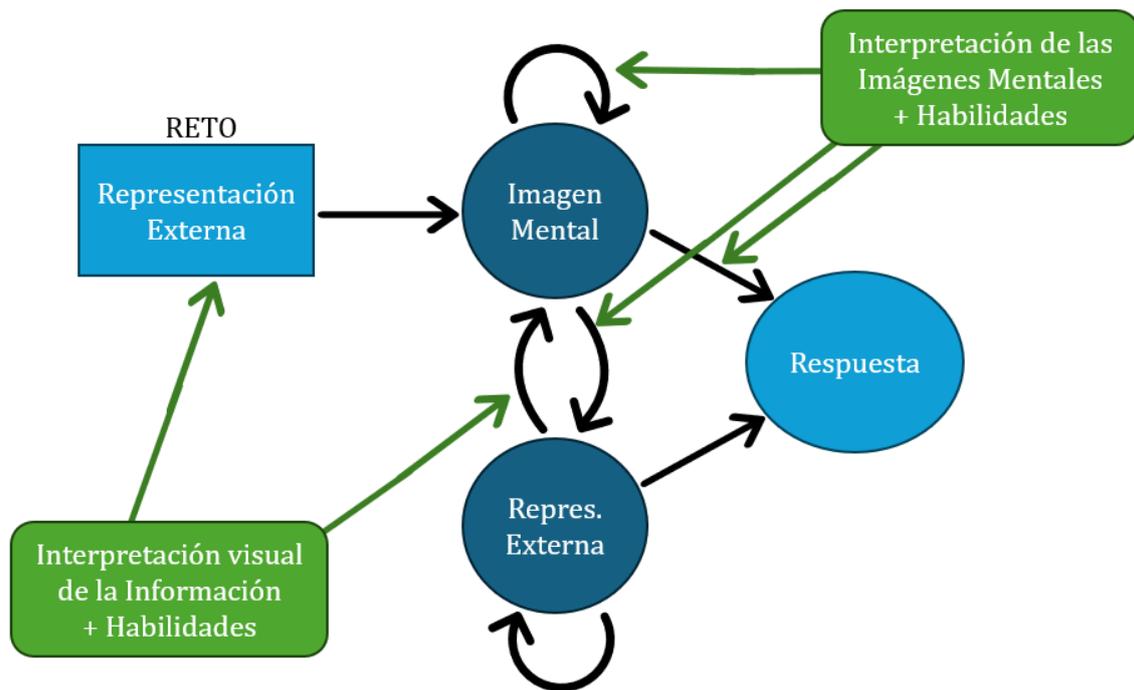


Figura 1. Esquema del proceso de Visualización. (Adaptado de Gutiérrez, 1996)

Según Gutiérrez (1996), al mejorar las habilidades de Visualización se mejora en la utilización de imágenes mentales que ayudan a resolver problemas matemáticos. Dependiendo de las características del problema, los estudiantes deben poder elegir entre diferentes habilidades visuales, fundamentadas en diversos principios (Del Grande, 1994; Maier, 1996):

1. Percepción Figura-Fondo (PFF): Habilidad para identificar una figura específica dentro de un fondo complejo.
2. Constancia Perceptiva (CP): Capacidad de reconocer que ciertas características de un objeto (tamaño, color, textura u orientación) se mantienen constantes, asegurando percepción clara bajo diversas condiciones.
3. Rotación Mental (RM): Facultad para crear y manipular imágenes mentales, visualizando objetos en movimiento o diferentes configuraciones.

4. Percepción de Posiciones Espaciales (PPES): Habilidad para posicionar objetos o imágenes en relación a uno mismo, mejorando la orientación espacial.
5. Percepción de las Relaciones Espaciales (PRES): Capacidad de relacionar múltiples objetos o imágenes, facilitando el entendimiento comparativo y relacional.
6. Discriminación Visual (DV): Habilidad para distinguir y identificar similitudes y diferencias entre elementos, mejorando la observación y análisis.

Ampliando la definición de PC como el modelado de las partes apropiadas de un problema para facilitar una solución de Wing (2006), Edward Fox y Janet Kolodner insisten en que la definición de PC debe incluir también las simulaciones y las visualizaciones (NRC, 2010). Observar los resultados de cambiar los valores de las variables, formar hipótesis, encontrar anomalías en los datos e identificar invariantes puede lograrse interactuando con modelos, simulaciones y visualizaciones (Selby & Woollard, 2013). La mejora de la Visualización ayuda a elaborar consultas visuales, lo que facilita la resolución eficaz de problemas mediante la identificación de patrones en la visualización de datos y el empleo de estrategias de búsqueda visual (Ware, 2003). En particular, los procesos de creación de visualización de datos son considerados un método eficaz de aprendizaje del PC para los estudiantes de secundaria (Özkök, 2021).

## Metodología

Este estudio cualitativo se fundamenta en el marco del PC descrito por Wing (2006, 2017), observando las habilidades de PC enunciadas por Grover y Pea (2013) y las habilidades de Visualización descritas en Gutiérrez (1996). La investigación busca explorar cómo el juego *Colour Code* puede fomentar habilidades de PC a través de la resolución de problemas y la Visualización.

## Participantes

Un total de 32 estudiantes talentosos de entre 14 y 17 años (Media = 15,54 años y DT = 1,16 años) participaron en el estudio, agrupados en 16 parejas. Estos estudiantes participaban en la sesión de “Matemáticas a través del juego” del programa de enriquecimiento curricular Mentoriment de la Universitat de les Illes Balears en el curso académico 2023/2024. Los participantes fueron elegidos en el programa en base a sus altas capacidades analizadas por los orientadores de sus centros educativos.

## Diseño del estudio

En este estudio se empleó el juego de mesa *Colour Code*, en el cual los jugadores deben superponer fichas translúcidas de colores para replicar un patrón específico propuesto por el juego. En el entorno del juego, los alumnos tienen que seleccionar las fichas adecuadas, determinar el orden correcto de superposición y visualizar el resultado final, lo que requiere de planificación y estrategia. Los jugadores seleccionan un reto de un libro que incluye 100 distintos, cada uno presentando una imagen que los jugadores deben replicar sobre una peana usando las fichas, como se observa en la Figura 2. Los retos están clasificados en cuatro niveles de dificultad: inicial, junior, experto y maestro, permitiendo a los jugadores desarrollar gradualmente sus habilidades de percepción visual, planificación y resolución de problemas mientras avanzan a través de niveles más complejos.



Figura 2. Piezas del juego *Colour Code*

La sesión, de una hora, se estructuró en seis etapas: juego libre, debate reflexivo, juego libre, debate reflexivo, propuesta de retos por parte de los alumnos y coevaluación de los retos. Empezó con un juego libre en el que los alumnos, por parejas, exploraron los diez retos del libro etiquetados con un número acabado en uno (1, 11, ..., 91) para familiarizarse con el juego y probar estrategias de resolución. A continuación, se fomentó la reflexión sobre sus técnicas y estrategias mediante preguntas específicas.

Posteriormente, una segunda ronda de juego libre introdujo retos diferentes y levemente más complejos, aquellos acabados en nueve, para aplicar las reflexiones anteriores. A continuación, se plantearon nuevas preguntas para que los participantes identificaran el aumento de dificultad y evaluaran sus propias estrategias verbalizadas en una fase anterior.

La sesión prosiguió con una tarea en la que cada pareja debía diseñar un nuevo reto de máxima dificultad posible, que posteriormente intercambiaron con otras parejas para

resolverlo, fomentando así la evaluación entre iguales y el análisis de la eficacia y dificultad del reto creado.

### **Instrumentos de evaluación**

Se realizaron observaciones directas y se grabaron las sesiones de juego de las parejas para analizar tanto las estrategias utilizadas como las explicaciones verbales de los estudiantes a las preguntas propuestas. Las sesiones de juego fueron documentadas para captar las interacciones visibles y audibles entre los estudiantes y los procesos de pensamiento evidenciados a través de sus discusiones y comportamientos. Las grabaciones fueron analizadas para observar cómo los estudiantes seleccionaban y organizaban las fichas, la secuencia de sus acciones, y cómo verbalizaban sus pensamientos durante el juego.

Además, el investigador empleó un conjunto de preguntas estructuradas para facilitar la reflexión y verbalización durante y después del juego. Estas preguntas buscaban evaluar la comprensión del estudiante sobre el problema; por ejemplo, “¿Podrías explicar cómo varía la dificultad entre los diferentes niveles y qué estrategias has considerado tras reflexionar sobre las etapas anteriores?”. Las respuestas a las preguntas estructuradas utilizadas durante las sesiones de juego y reflexión fueron analizadas para identificar cómo los estudiantes explicaban la variación en la dificultad entre los niveles del juego, qué estrategias consideraban más efectivas tras reflexionar sobre las etapas anteriores y cómo aplicaban habilidades de PC en sus enfoques.

Otro de los elementos de análisis fue la complejidad de los retos diseñados por las parejas de estudiantes para entender cómo aplicaron sus habilidades de PC y Visualización en la creación de problemas. Se analizaron las características como el número de fichas utilizadas, la diversidad de colores y formas, y la secuencia de colocación requerida.

### **Análisis de datos**

El análisis de los datos se centró en asociar las acciones observadas y las respuestas verbalizadas de los estudiantes con las habilidades de PC descritas por Grover y Pea (2013). Además, se evaluaron las habilidades de Visualización desarrolladas a lo largo del estudio, como se describe en Gutiérrez (1996). Se analizó cómo los estudiantes usaban la Visualización para resolver los retos de *Colour Code* identificando patrones y estructuras necesarias para replicar las imágenes propuestas. Se utilizó una técnica de triangulación donde las dos investigadoras evaluaron independientemente las grabaciones y notas de las sesiones, clasificando las acciones de los estudiantes según las habilidades de PC. Las discrepancias encontradas fueron revisadas y discutidas con el tercer investigador para garantizar la consistencia y la profundidad del análisis.

## Resultados y discusión

### Fase de resolución de retos

#### Selección de las piezas

Las observaciones, como se muestra en la Figura 3, indican que varios alumnos colocan las piezas del juego en la mesa agrupándolas por colores, mostrando un Procesamiento Sistemático de la Información (PSI). Esta organización de las piezas facilita el proceso de identificación y selección, ya que permite a los estudiantes descartar aquellas que no sean necesarias para la solución final, enfocando su atención en las piezas que pueden ser necesarias para el reto en cuestión y mostrando una Descomposición Estructurada del Problema (DEP). El uso de colores como método de clasificación implica una forma de representación simbólica; los estudiantes utilizan el color como un símbolo para agrupar y categorizar las piezas, lo cual facilita la manipulación mental y física de los componentes del juego. Si bien no todos los participantes adoptan esta estrategia de clasificación visual, se observa que una mayoría realiza un proceso similar de selección mental antes de disponer físicamente las piezas.



Figura 3. Alumnado con la distribución de las piezas por color en la mesa

En la acción observada, los participantes primero clasifican las piezas del juego por color y, posteriormente, por forma dentro del color seleccionados. Este método organizado de selección es común entre la mayoría de los grupos, según se aprecia en los vídeos analizados. Este enfoque también evidencia un entendimiento de las Nociones Algorítmicas

de Flujo de Control (NAFC), estableciendo una secuencia de operaciones que les ayuda a avanzar hacia la resolución del problema.

### Colocación de las fichas

La observación detallada de las estrategias empleadas por los estudiantes al enfrentar diferentes retos revela que, inicialmente, todas las parejas seleccionan las piezas necesarias para el desafío, un proceso que llevan a cabo de manera uniforme. Posteriormente, cada pareja adopta una serie de pasos coherentes y específicos, aunque varían entre sí. Algunas parejas priorizan la colocación de la pieza inferior primero para luego agregar las superiores, mientras que otras comienzan con la pieza superior y proceden en orden inverso. Además, hay parejas que eligen dos piezas iniciales y continúan añadiendo las restantes de manera secuencial, siguiendo un orden lógico y preestablecido, como se muestra en la Figura 4. Este enfoque particular facilita una simplificación del problema mediante una Descomposición Estructurada (DEP) en cada etapa. Esta observación sugiere que, aunque cada grupo procesa la información de manera distinta, los pasos ordenados que implementan contribuyen a identificar la solución más eficiente y rápida al problema planteado.

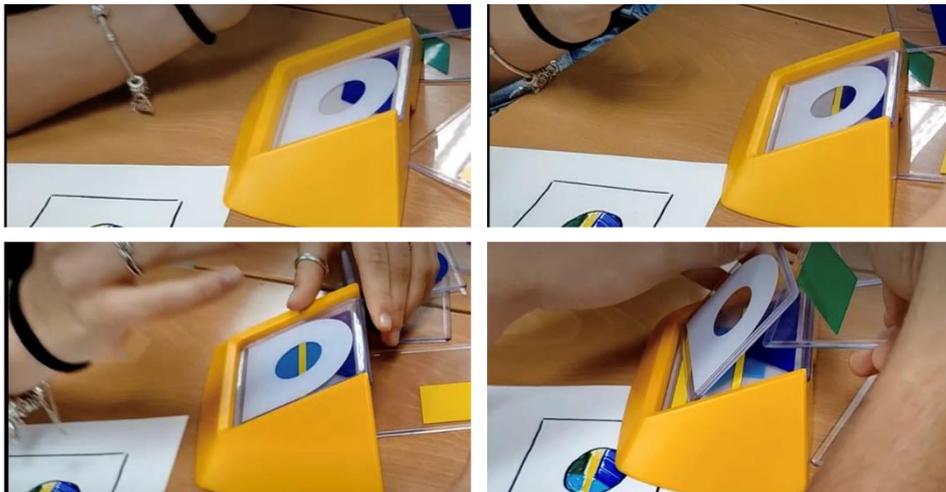


Figura 4. Pasos realizados por uno de los grupos, donde partiendo de la colocación de dos piezas iniciales, se intercala el resto en el lugar adecuado

En las etapas iniciales de los retos, es habitual que los estudiantes coloquen las piezas siguiendo un orden vertical, de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo. Esto se debe a que las soluciones requieren la superposición de un máximo de tres fichas translúcidas. Esta metodología inicial facilita una mejora progresiva en la Percepción de las Relaciones Espaciales (PRES) entre las fichas.

### Depuración de errores y mejora del rendimiento

Como se ha mencionado anteriormente, se observa la evolución en los métodos utilizados por los estudiantes para superar los retos propuestos. Esta evolución se caracteriza por una mejora continua en los procesos de Visualización y una búsqueda de soluciones cada vez más prácticas y eficientes, lo cual se refleja en la capacidad de los estudiantes para identificar y corregir errores a medida que avanzan. Habitualmente, las piezas se colocan inicialmente en un orden provisional, seguido de una evaluación crítica del resultado. Si los resultados preliminares no se ajustan a los requisitos del reto, se realizan ajustes necesarios, aprovechando habilidades visuales como la percepción ficha-fondo y las rotaciones de las piezas. La Figura 5 ilustra los pasos que sigue una pareja de alumnos para resolver uno de los retos.

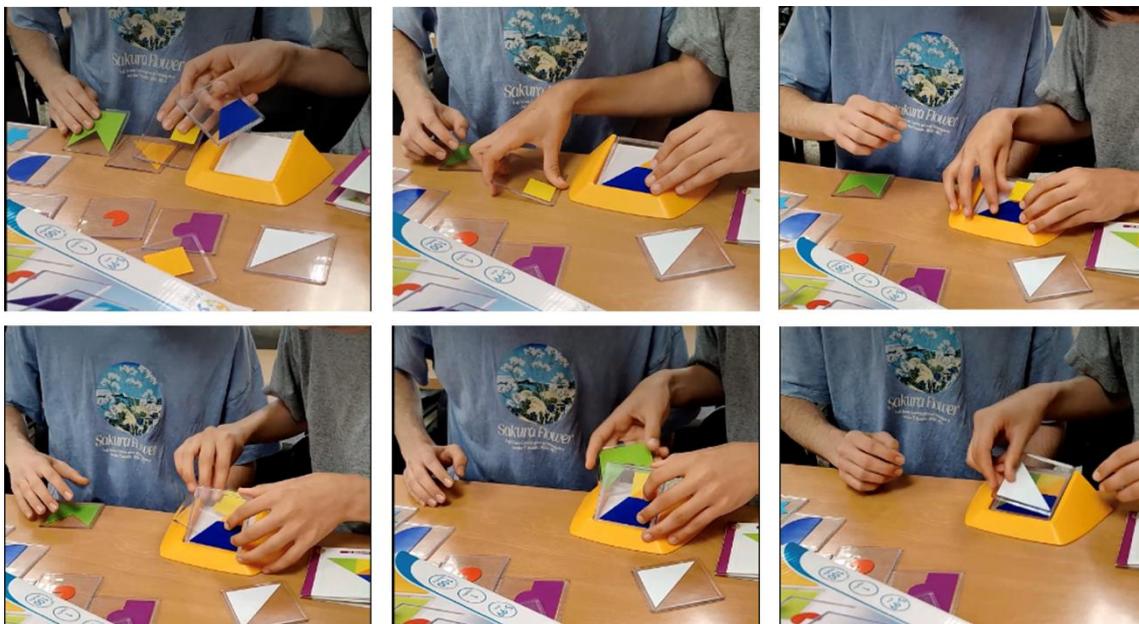


Figura 5. Proceso de resolución de un reto: inicialmente se seleccionan las piezas pertinentes y se ubican algunas de ellas. En las imágenes tercera y cuarta, se observa la corrección de un error previo (traslado de la pieza del cuadrado amarillo de arriba hacia abajo), finalizando con la colocación de las dos últimas piezas

Inicialmente, en el escenario descrito, los jugadores adoptan una estrategia de colocación de piezas de abajo hacia arriba. No obstante, los errores observados en este enfoque revelan que resulta más eficaz situar primero ciertas piezas clave y, en función de estas, organizar las restantes. Por ejemplo, la colocación de la pieza verde en la parte inferior, observada en la sexta imagen de la Figura 5, ilustra esta estrategia ajustada. Este enfoque iterativo para resolver el reto mejora la comprensión de los jugadores del Flujo de Control dentro del proceso algorítmico (NAFC), lo que les permite optimizar la secuencia de acciones para lograr el resultado deseado con mayor eficacia.

La observación de los alumnos revela que el aprendizaje a partir de los errores desempeña un papel trascendental en el proceso de Depuración y Detección Sistemática de

Errores (DDSE). Al principio, los alumnos pueden necesitar explorar las cuatro orientaciones posibles de cada plantilla para identificar la correcta. Sin embargo, con el progreso en el juego y la acumulación de experiencia a través de los distintos retos, los alumnos mejoran su capacidad para orientar las plantillas sin necesidad de comprobar todas las posiciones posibles; se vuelven más intuitivos y eficientes a la hora de corregir errores. Este proceso de mejora continua se ilustra en la primera fila de la Figura 6, que muestra la colocación de la pieza verde en varias orientaciones antes de llegar a la posición correcta.

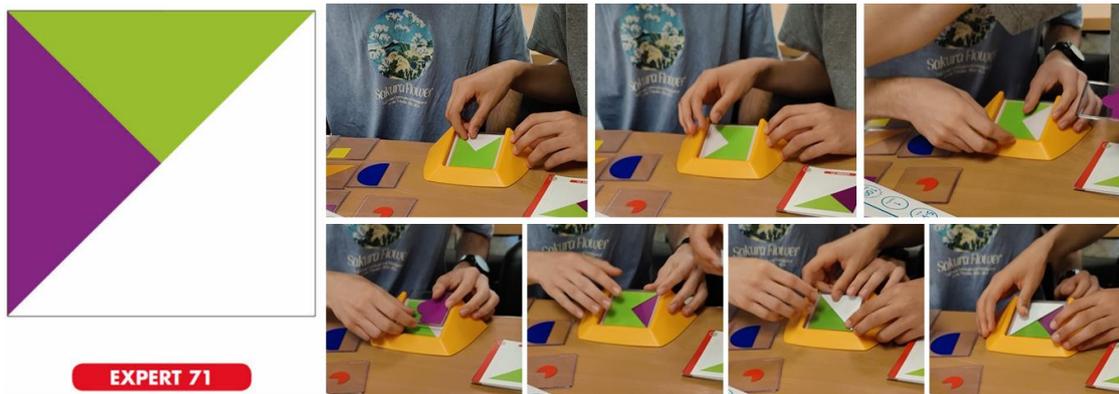


Figura 6. Pasos de la resolución de uno de los retos. En la primera fila se observa la necesidad de visualizar las diversas orientaciones de la ficha verde para determinar la posición correcta. En la segunda fila, se observa el ajuste del orden de las fichas para corregir errores detectados

La Figura 7 ejemplifica la importancia de adoptar una perspectiva global durante la resolución de retos, asegurando que se considere toda la información relevante y no exclusivamente una sección específica de la imagen del reto. Este enfoque mejora los procesos de previsión estratégica y corrección de errores, lo que también facilita una resolución de problemas más eficiente a medida que progresan en el juego.

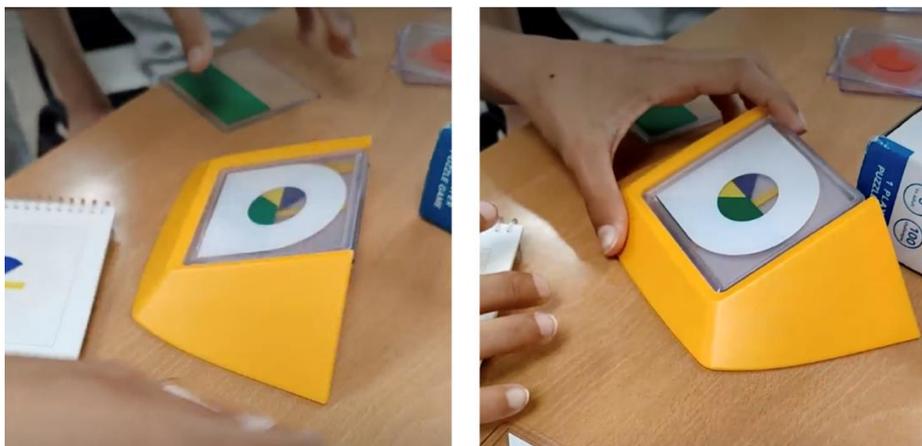


Figura 7. Visualización de un error leve, destacando la necesidad de considerar no solo la parte central, sino también los elementos exteriores de la configuración

### Análisis de la dificultad del juego

En el estudio realizado, se examinó la comprensión por parte del alumnado de la dificultad de los distintos niveles de juego. Como se ha comentado previamente, el juego se caracteriza por una progresión en la dificultad, marcada principalmente por un incremento en el número de plantillas requeridas y la complejidad de las superposiciones entre ellas. Así mismo lo expresan los participantes después de una primera ronda de exploración del juego:

- Investigador: ¿Por qué razón los últimos niveles os parecen más difíciles?  
 Pareja3 Alum1: Porque tienen más piezas.  
 Investigador: ¿Cuántas piezas tienen como máximo?  
 Pareja3 Alum1: Cinco o seis.  
 Investigador: Y, ¿habéis comprobado cuántas caben en la peana?  
 Pareja3 Alum2: Creo que seis. [Se resbala una] Pues son cinco.  
 Investigador: Y ¿cuántas usan en los últimos niveles?  
 Pareja3 Alum1: Cinco en todas.

Esta escalada puede apreciarse en la Figura 8, que muestra las plantillas necesarias para retos de distinta dificultad.

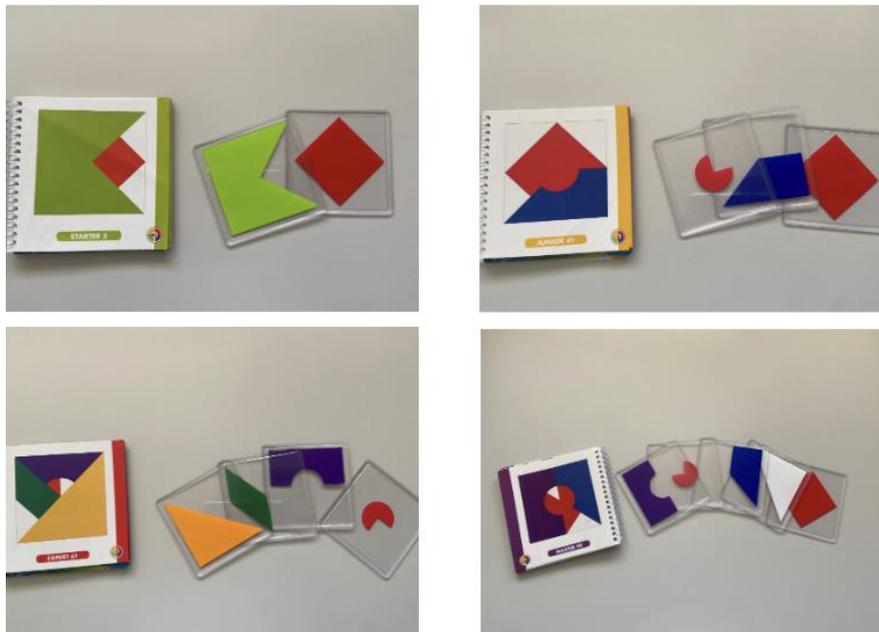


Figura 8. Retos de dificultad creciente.

Mediante preguntas planteadas por el investigador, se evaluó cómo los estudiantes percibían este aumento de dificultad y su capacidad para identificar las características relevantes. Se constató que la mayoría del alumnado reconocía claramente las propiedades que definían el nivel de dificultad de un reto específico, evidenciando su habilidad para identificar los principios que regían los retos y sus soluciones, y para Procesar la Información de manera Sistemática (PSI).

- Investigador: ¿Por qué este nivel os ha parecido más difícil?  
 Pareja5 Alum1: Porque tiene más combinaciones.

Investigador: ¿Qué queréis decir con más combinaciones?  
 Pareja5 Alum1: Pues que tiene más formas.  
 Pareja5 Alum2: Y que tienen mucho blanco, también.  
 Investigador: ¿Qué significa que tienen mucho blanco?  
 Pareja5 Alum2: Que tienen la ficha blanca.

Finalmente, se observó que cada desafío superado aportaba conocimientos que permitían a los participantes no reiniciar completamente con cada nuevo reto, sino avanzar desde una base de entendimiento establecida. Esta práctica iterativa y recursiva facilita la integración y aplicación de nuevas ideas en los retos sucesivos.

### Fase de creación de retos

En la tarea final asignada al alumnado, se les propuso diseñar un nuevo reto de la máxima dificultad posible, lo que presupone una comprensión de las dinámicas existentes en el juego. Esta comprensión les permitió discernir los elementos que incrementan la dificultad de los retos y generalizar las reglas para formular una propuesta más compleja. Al examinar las diferentes propuestas de los participantes, se observa que algunos alumnos diseñaron desafíos que involucran cinco fichas translúcidas (Figura 9(a)), o que utilizan fichas del mismo color para crear configuraciones que no serían posibles con una sola ficha (Figura 9(b)). Estas creaciones reflejan la capacidad del alumnado para deducir que la dificultad de un reto crece con el aumento del número de fichas utilizadas, aplicando esta regla para desarrollar nuevos retos. Además, se muestra habilidad para identificar los principios fundamentales que rigen el juego, descubriendo cómo la unificación de zonas del mismo color dificulta la Visualización e identificación de las piezas necesarias para solucionar el reto.

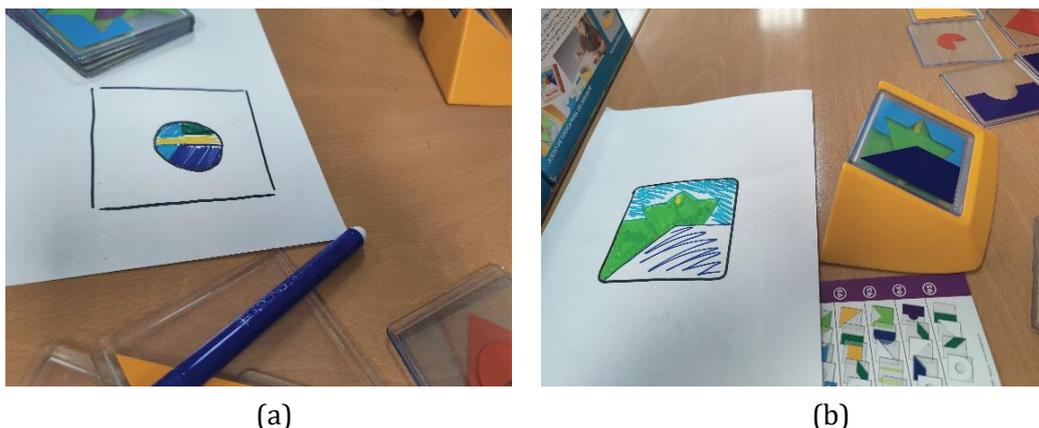


Figura 9. Resultados de la última propuesta de tarea de dos grupos diferentes. (a) Creación donde se mezclan cinco fichas translúcidas; (b) creación donde se inserta una zona verde que se crea a partir de la mezcla de dos fichas translúcidas

### Análisis de las habilidades de PC y Visualización en las acciones

En la Tabla 1 se presentan las habilidades de PC según Grover y Pea (2013) y de Visualización según Gutiérrez (1996) identificadas en las acciones evaluadas durante la experimentación.

Tabla 1. Habilidades de PC y de Visualización en las acciones del juego.

<b>Acciones del juego</b>	<b>Habilidades de PC</b>	<b>Habilidades de Visualización</b>
Selección de fichas	AGP, PSI, SSR, DEP	PFF, CP, DV
Colocación de fichas	PSI, NAFC, DEP, PIRP, LC, RER	PFF, CP, RM, PRES, DV
Depuración de errores y mejora del rendimiento	PSI, NAFC, PIRP, LC, RER, DDSE	PFF, RM, DV
Análisis de la dificultad del juego	AGP, PSI, DEP, PIRP	PFF, PRES, DV
Propuesta de nuevos niveles	AGP, PSI, SSR, NAFC	PFF, CP, PRES, DV

En el contexto del juego analizado, el Procesamiento Sistemático de la Información (PSI) se revela como una competencia fundamental en todas las acciones, desde la selección de fichas hasta la generación de nuevos niveles. Esta habilidad permite a los jugadores organizar y procesar la información de manera metódica, lo que resulta útil para superar y para generar retos. Simultáneamente, las competencias de Abstracciones y Generalizaciones de Patrones (AGP) y Pensamiento Iterativo, Recursivo y Paralelo (PIRP) se destacan en la mayoría de las fases, donde los estudiantes aplican soluciones iterativas para optimizar y generalizar las soluciones en el juego. En estas acciones de organización de la información, tanto para la resolución como para la generación de retos, los Sistemas de Símbolos y Representaciones (SSR) han favorecido la gestión de las fichas y de los retos a resolver. La Descomposición Estructurada de Problemas (DEP) es crucial para dividir los retos en componentes manejables durante la colocación de fichas y surge en el análisis de la dificultad del juego que realizan los participantes. La Lógica Condicional (LC) es relevante en las acciones de Depuración de errores y mejora del rendimiento, permitiendo a los estudiantes modificar y ajustar sus estrategias según los resultados anteriores y las nuevas condiciones. Las Nociones Algorítmicas de Flujo de Control (NAFC) y las Restricciones de Eficiencia y Rendimiento (RER) también juegan un papel importante en las acciones de colocación de fichas y de análisis de la dificultad del juego, donde es crucial entender y aplicar principios algorítmicos para optimizar el rendimiento. Finalmente, la Depuración y Detección Sistemática de Errores (DDSE) ha facilitado que los estudiantes puedan mejorar continuamente su enfoque hacia los retos.

En la evaluación de las habilidades de Visualización en el contexto del juego, la Percepción Figura-Fondo (PFF) y la Discriminación Visual (DV) se destacan como las más frecuentemente desarrolladas, cada una apareciendo en todas las instancias del juego analizado. Estas habilidades permiten a los jugadores distinguir y manejar detalles tanto en

primer plano como en fondos complejos, y son esenciales para identificar y diferenciar elementos específicos durante el juego. Por ejemplo, el color blanco que aparece en los retos finales puede deberse tanto a las fichas blancas como al fondo, por ello, la PFF y la DV permiten a los jugadores combinar indistintamente ambas representaciones. Por otro lado, la Constancia Perceptiva (CP) se presenta en varias situaciones donde los jugadores necesitan reconocer la figura a partir de las características geométricas y de color que la definen. En la creación de nuevos retos, algunos grupos activan la CP, creando retos en los cuáles se construyen, a partir de dos fichas translúcidas, zonas de un mismo color. En este caso es imprescindible separar la percepción del color de la forma de las fichas translúcidas, separando aquella característica que permanece constante (el color) de la que no (la forma). La Percepción de las Relaciones Espaciales (PRES) también juega un rol importante para comprender las imágenes planas que se generan al superponer diferentes fichas tridimensionales en un orden determinado. Menos frecuente, pero igualmente significativa, la Rotación Mental (RM) aparece en situaciones que requieren la manipulación de las imágenes mental de los grupos de fichas, facilitando a los jugadores la validación de la colocación de las fichas. Además, como se ha indicado previamente, esta habilidad se va depurando a medida que se exploran diferentes retos, pasando de una rotación visual (como se muestra en la Figura 6) a una RM. Curiosamente, la Percepción de Posiciones Espaciales (PPES), no fue destacada en las instancias recopiladas, lo que podría indicar una menor necesidad de posicionar objetos en relación con uno mismo en este juego específico.

### **Consideraciones finales**

En conclusión, nuestro estudio proporciona evidencia empírica sobre las habilidades de PC que desarrollan el alumnado cuando trata de resolver problemas de matemáticas en los que interviene la Visualización en un contexto de juego de mesa. Así mismo, en los nuevos retos diseñados por los alumnos se encuentran elementos creativos a través de la selección de parámetros, como el número de fichas o la superposición de colores, en línea con lo planteado por Silver (1997). Si bien diversas fuentes destacan las ventajas de integrar el PC en áreas como el sentido de la medida o la geometría (Chan et al., 2023), dentro de la educación matemática aún son escasos los estudios que investigan específicamente cómo el PC contribuye a resolver desafíos matemáticos que dependen de la Visualización. Este estudio ha permitido analizar las sinergias existentes entre el PC y la Visualización, que destacan numerosos autores (NRC, 2010), en el contexto del juego de mesa *Colour Code*. Puede ser interesante elegir otros juegos de mesa educativos diferentes o puzzles para cultivar la alfabetización en PC de los estudiantes en el futuro sin la necesidad de herramientas tecnológicas.

Este estudio trata de ampliar los conocimientos actuales sobre el aprendizaje de las matemáticas a partir de habilidades computacionales. Más ampliamente, se proporciona un recurso basado en el juego que se puede incluir en las situaciones de aprendizaje de geometría. Las investigaciones futuras deberían explorar la mejor manera de orientar las trayectorias de aprendizaje de los estudiantes con el fin de enriquecer sus habilidades de visualización a través del PC.

## Referencias

- Apostolellis, P., Stewart, M., Frisina, C., & Kafura, D. (2014). RaBit EscAPE: A board game for computational thinking. In *Proceedings of the 2014 Conference on Interaction Design and Children (IDC'14)* (pp. 349–352). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2593968.2610489>
- Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75(B), 661–670. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.10.008>
- Ayman, R., Sharaf, N., Ahmed, G., & Abdennadher, S. (2018). MiniColon: Teaching kids computational thinking using an interactive serious game. In S. Göbel, A. Garcia-Agundez, T. Tregel, M. Ma, J. B. Hauge, M. Oliveira, T. Marsh, & P. Caserman (Eds.), *Serious Games. JCSG 2018. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 11243, pp. 79–90). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02762-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02762-9_9)
- Barcelos, T. S., Muñoz-Soto, R., Villarroel, R., Merino, E., & Silveira, I. F. (2018). Mathematics learning through computational thinking activities: A systematic literature review. *Journal of Universal Computer Science*, 24(7), 815–845.
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20–23.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., & Grimley, M. (2009). Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. *The NZ Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20–29.
- Benavides, M., & Maz-Machado, A. (2012). ¿Qué deben conocer los profesores y padres sobre el talento matemático? *Ideación, 32 IX Congreso Iberoamericano Superdotación, Talento y Creatividad*, (pp. 167–179). <https://www.centrohuertadelrey.com/documentos/revistas/ideacion-32-primera-parte-congreso-2012.pdf>
- Berland, M., & Lee, V. R. (2011). Collaborative strategic board games as a site for distributed computational thinking. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 1(2), 65–81.
- Bers, M. U. (2018). Coding, playgrounds and literacy in early childhood education: The development of KIBO robotics and ScratchJr. In *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2018)* (pp. 2094–2102). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363498>
- Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., & Barone, D. (2017). Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school. In *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '17)* (pp. 65–72). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3137065.3137069>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association* (Vol. 1., pp. 1–25). AERA.
- Cai, J., Hwang, S., Jiang, C., & Silber, S. (2015). Problem-posing research in mathematics education: Some answered and unanswered questions. In F. M. Singer, N. F. Ellerton, & J. Cai (Eds.), *Mathematical problem posing: From research to effective practice* (pp. 3–34). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6258-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6258-3_1)

- Chaffin, A., Doran, K., Hicks, D.; & Barnes, T. (2009). Experimental evaluation of teaching recursion in a video game. In *Proceedings of the 2009 ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games (Sandbox '09)*, (pp. 79–86). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1581073.1581086>
- Chan, S.-W., Looi, C.-K., Ho, W. K., & Kim, M. S. (2023). Tools and approaches for integrating computational thinking and mathematics: A scoping review of current empirical studies. *Journal of Educational Computing Research*, 60(8), 2036–2080. <https://doi.org/10.1177/07356331221098793>
- Chung, C., Yen-Chih, H., Yeh, R., & Lou, S. (2017). The influence of board games on mathematical spatial ability of grade 9 students in junior high school. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*, 3(1), 120–143. <https://doi.org/10.20319/pijss.2017.31.120143>
- Cui, Z., & Ng, O.-L. (2021). The interplay between mathematical and computational thinking in primary school students' mathematical problem-solving within a programming environment. *Journal of Educational Computing Research*, 59(5), 988–1012. <https://doi.org/10.1177/0735633120979930>
- Dağ, F., Şumuer, E., & Durdu, L. (2023). The effect of an unplugged coding course on primary school students' improvement in their computational thinking skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(6), 1902–1918. <https://doi.org/10.1111/jcal.12850>
- De Guzmán, M. (1989). Juegos y matemáticas. *Suma*, 4, 61–64.
- De Guzmán, M. (1996). *El rincón de la pizarra: Ensayos de visualización en análisis matemática: Elementos básicos del análisis*. Pirámide.
- De Guzmán, M. (2004). Juegos matemáticos en la enseñanza. *Números*, 59, 5–38.
- De la Fuente, A., & Garrido-Martos, R. (2023). Aprendizaje basado en juegos. In L. Cañadas & N. Hidalgo (Eds.), *Materiales docentes para el empleo de metodologías y procesos de evaluación formativa en la formación inicial de profesorado* (pp. 101–118). Dykinson. <https://doi.org/10.14679/2310>
- Del Grande, J. J. (1994). Percepção espacial e geometria primária. In M. M. Lindquist & A. P. Shulte (Eds.), *Aprendendo e ensinando geometria* (pp. 156–167). Editora Atual.
- Duval, R. (1998). Geometry from a cognitive point of view. In C. Mammana & V. Villani (Eds.), *Perspectives on the Teaching of Geometry for the 21st Century* (pp. 37–51). Kluwer.
- Eagle, M., & Barnes, T. (2009). Experimental evaluation of an educational game for improved learning in introductory computing. In *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (Vol. 41, No. 1, pp. 321–325). <https://doi.org/10.1145/1508865.1508980>
- Esper, S., Foster, S. R., Griswold, W. G., Herrera, C., & Snyder, W. (2014). CodeSpells: Bridging educational language features with industry-standard languages. In *Proceedings of the 14th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 5–14). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2674683.2674684>
- Gadanidis, G. (2017). Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 34(2), 133–139. <https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2016-0048>
- Gadanidis, G., Hughes, J. M., Minniti, L., & White, B. (2017). Computational thinking, grade 1 students and the binomial theorem. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 77–96. <https://doi.org/10.1007/s40751-016-0019-3>
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. In L. Puig, & A. Gutierrez (Eds.), *Proceedings of the 20th International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, (Vol. 1, pp. 3–19). PME.
- Harris, C. (2018). *Computational thinking unplugged: Comparing the impact on confidence and competence from analog and digital resources in computer science professional development for elementary teachers*. [Educational Doctoral Dissertation in Executive Leadership. Paper 374]. [https://fisherpub.sjfc.edu/education\\_etd/374](https://fisherpub.sjfc.edu/education_etd/374)

- ISTE & CSTA [International Society Technology Education, & Computer Science Teachers Association] (2011). *Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education*. [https://cdn.iste.org/www-root/Computational\\_Thinking\\_Operational\\_Definition\\_ISTE.pdf](https://cdn.iste.org/www-root/Computational_Thinking_Operational_Definition_ISTE.pdf)
- Kazimoglu, C., Kiernan, M., Bacon, L., & MacKinnon, L. (2011). Understanding computational thinking before programming: developing guidelines for the design of games to learn introductory programming through game-play. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 1(3), 30-52. <https://doi.org/10.4018/ijgbl.2011070103>
- Ke, F. (2016). Designing and integrating purposeful learning in game play: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 64(2), 219-244. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9418-1>
- Ke, F., & Clark, K. (2020). Game-based multimodal representations and mathematical problem solving. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 103-122. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9938-3>
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*. Harvard University Press.
- Kuo, W. C., & Hsu, T. C. (2020). Learning computational thinking without a computer: How computational participation happens in a computational thinking board game. *Asia-Pacific Education Researcher*, 29, 67-83. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00479-9>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- Liu, Z., & Jeong, A. C. (2022). Connecting learning and playing: The effects of in-game cognitive supports on the development and transfer of computational thinking skills. *Educational Technology Research and Development*, 70(5), 1867-1891. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10145-5>
- Looi, C.-K., How, M.-L., Longkai, W., Seow, P., & Liu, L. (2018). Analysis of linkages between an unplugged activity and the development of computational thinking. *Computer Science Education*, 28(3), 255-279. <https://doi.org/10.1080/08993408.2018.1533297>
- Maharani, S., Kholid, M. N., Pradana, L. N., & Nusantara, T. (2019). Problem solving in the context of computational thinking. *Infinity Journal*, 8(2), 109-116. <https://doi.org/10.22460/infinity.v8i2.p109-116>
- Maier, P. H. (1996). Spatial geometry and spatial ability: How to make solid geometry solid? In H.-G. Weigand, E. Cohors-Fresenborg, A. Peter-Koop, H. Maier, K. Reiss, G. Törner, B. Wollring, & K. Houston (Eds.), *Developments in Mathematics Education in Germany: Selected Papers from the Annual Conference on Didactics of Mathematics, Regensburg, 1996* (pp. 69-81). Goettingen State and University Library. <https://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/e/gdm/1996/index.html>
- National Research Council (NRC). (2010). *Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12840>
- Özkök, G. A. (2021). Fostering computational thinking through data visualization and design on secondary school students. *Journal of Universal Computer Science*, 27(3), 285-302. <https://doi.org/10.3897/jucs.66265>
- Pan, Y., & Ke, F. (2023). Effects of game-based learning supports on students' math performance and perceived game flow. *Educational Technology Research and Development*, 71(2), 459-479. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10183-z>
- Pan, Y., Ke, F., & Xu, X. (2022). A systematic review of the role of learning games in fostering mathematics education in K-12 settings. *Educational Research Review*, 36, 100448. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100448>
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers and play*. The MIT Press.
- Ribera-Puchades, J. M., & Rotger, L. (2024). Modificaciones a una tarea de pensamiento computacional desenchufado generadas por el alumnado con talento matemático. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 117, 83-95.
- Selby, C., & Woollard, J. (2013). *Computational thinking: The developing definition*. [Paper presentation]. 18th annual conference on innovation and technology in computer science education, Canterbury.

- Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 29(3), 75–80. <https://doi.org/10.1007/s11858-997-0003-x>
- Sun, L., Hu, L., & Zhou, D. (2021). Single or combined? A study on programming to promote junior high school students' computational thinking skills. *Journal of Educational Computing Research*, 60(2), 283–321. <https://doi.org/10.1177/073563312111035182>
- Tsarava, K., Moeller, K., & Ninaus, M. (2018). Training computational thinking through board games: The case of Crabs & Turtles. *International Journal of Serious Games*, 5(2), 25–44. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v5i2.248>
- Ware, C. (2003). Thinking with visualization. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2003* (pp. 3–3). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INFVIS.2003.1249001>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <http://dx.doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2), 7–14. <https://doi.org/10.17471/2499-4324/922>
- Yadav, A., & Berthelsen, U. (Eds.). (2021). *Computational thinking in education: a pedagogical perspective*. Routledge.
- Zagal, J. P., Rick, J., & Hsi, I. (2006). Collaborative games: Lessons learned from board games. *Simulation & Gaming*, 37(1), 24–40. <https://doi.org/10.1177/1046878105282279>
- Zhang, L., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers & Education*, 141, 103607. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>
- Zhang, Y., & Wong, G. K. W. (2024). Exploring the interplay of computational thinking and mathematics in early childhood education: A systematic review. In *Proceedings of the 2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1–10). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON60312.2024.10578653>
- Zhao, W., & Shute, V. J. (2019). Can playing a video game foster computational thinking skills?. *Computers & Education*, 141, 103633. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103633>