

## ARTICULO

# Inteligencia Artificial Generativa y el procesos de descomposición en la programación del Robot Spike

## Generative Artificial Intelligence and the decomposition process in the programming of the Spike Robot

**Luis Daniel Lozano Flores**

Universidad de Guadalajara, México

Recibido el 15 de octubre del 2025, aceptado el 28 de octubre del 2025, en línea el 15 de noviembre del 2025.

## Resumen

El pensamiento computacional es una habilidad esencial en el siglo XXI y la descomposición, la habilidad de dividir problemas complejos en partes más pequeñas y manejables, es uno de sus fundamentos. Este artículo tiene como objetivo analizar cómo el uso de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAG) como asistentes cognitivos afecta el proceso de enseñanza y aprendizaje de la descomposición en niños de primaria que usan el kit de robótica educativa LEGO Spike Essential. Se desarrolló e implementó un taller práctico con un grupo de estudiantes enfrentando un desafío robótico. Un grupo empleó métodos tradicionales de planificación, mientras que el grupo experimental utilizó un asistente de IA basado en texto para formular preguntas y dividir el problema en subtarefas lógicas. Los resultados, evaluados mediante rúbricas de análisis, observación directa y encuestas de percepción, muestran que el uso guiado de la IA mejora significativamente la capacidad de los estudiantes para estructurar su pensamiento, ya que al menos el 78% logró planificar su código de manera más modular y aumentar su autonomía en la resolución de problemas. Se concluye que la IA, cuando se usa como una herramienta de apoyo y no como un solucionador directo, tiene un alto potencial para desarrollar habilidades cognitivas superiores en la educación tecnológica temprana, lo que lo distingue de otros estudios, es que marca un precedente en la literatura por el uso de IAG para la descomposición temprana de problemas de programación en estudiantes de nivel primaria.

**Palabras clave:** pensamiento computacional, inteligencia artificial generativa, robótica educativa, descomposición, educación primaria.

## Abstract

Computational thinking is an essential skill in the 21st century, and decomposition—the ability to break down complex problems into smaller, manageable parts—is a foundational aspect of it. This article examines how the use of Generative Artificial Intelligence (GAI) tools as cognitive assistants affects the teaching and learning process of decomposition in elementary school children using the LEGO Spike Essential educational robotics kit. A practical workshop was developed and implemented with a group of students facing a robotic challenge. One group employed traditional planning methods, while the experimental group used a text-based AI assistant to ask questions and break down the problem into logical subtasks. The results, evaluated through rubrics, direct observation, and perception surveys, show that guided use of AI significantly improves students' ability to structure their thinking, plan their code more modularly, and increase their autonomy in problem-solving. It is concluded that AI, when used as a support tool rather than a direct solver, has great potential to develop higher cognitive skills in early technological education.

**Keywords:** computational thinking, generative artificial intelligence, educational robotics.

\*Autor para correspondencia: [Luis.lozano@cualtos.udg.mx](mailto:Luis.lozano@cualtos.udg.mx)

Publicado por IDICAP Pacífico. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC

<http://creativecommons.org/licencias/by-nc/4.0/>

# 1. Introducción

La creciente digitalización de nuestra sociedad requiere que los sistemas educativos preparen a los estudiantes no solo para usar tecnología, sino también para crearla y pensar críticamente. En este marco, el pensamiento computacional se ha vuelto una habilidad fundamental, similar a la lectura, la escritura o las matemáticas. Una de sus habilidades principales es la descomposición, que consiste en dividir un problema complejo en partes más simples y manejables. Sin embargo, enseñar esta habilidad abstracta a estudiantes de primaria enfrenta importantes retos pedagógicos.

Paralelamente, la robótica educativa, mediante plataformas como LEGO Spike Essential, brinda un entorno tangible y motivador para aplicar estos conceptos. Los niños pueden observar directamente cómo su lógica de programación se refleja en un robot físico. La reciente irrupción de la IAG abre nuevas posibilidades pedagógicas. ¿Podría la IA actuar como un "socio socrático" que ayude a los niños a estructurar su propio pensamiento?

Este estudio busca responder: ¿De qué manera el uso de un asistente de IA como herramienta de diálogo y planificación afecta la capacidad de los niños para aplicar la descomposición en proyectos de programación con LEGO Spike Essential? Por ello, es un estudio de caso cualitativo que aspira a entender el papel que desempeña la inteligencia artificial generativa como apoyo en la descomposición de códigos de programación del robot Spike.

El pensamiento computacional es esencial en la educación del siglo XXI porque desarrolla habilidades cognitivas transferibles, como analizar datos, modelar sistemas y automatizar soluciones, que son fundamentales en cualquier disciplina. Su introducción temprana prepara a los estudiantes para un mundo cada vez más digital y les ayuda a abordar desafíos complejos. Además, la UNESCO destaca que es clave para formar ciudadanos digitales críticos y activos (UNESCO, 2022).

En este contexto, la colaboración entre la robótica educativa y la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) abre una prometedora frontera pedagógica para concretar el pensamiento computacional. La robótica, como manifestación de lógica programada, crea un "contexto de bajo umbral y alto potencial" donde conceptos abstractos como descomposición, reconocimiento de patrones y depuración de errores se vuelven tangibles y observables (Bers, 2020). La IAG puede fortalecer este proceso al actuar como un soporte cognitivo adaptado. En lugar de proporcionar soluciones inmediatas, el estudiante puede interactuar con un asistente de IA para explorar distintas maneras de descomponer un problema, verbalizar su plan y recibir retroalimentación socrática que impulse su razonamiento. Este método se ajusta a las teorías constructivistas, en las que el aprendizaje se construye activamente mediante interacción y reflexión, convirtiendo al estudiante en el creador de su propio conocimiento (Ocaña-Fernández et al., 2019).

El robot LEGO Spike Essential, dirigido a estudiantes de primaria (niveles 1-5), combina juego y enseñanza de conceptos STEAM a través de hardware modular y accesible. Incluye un Hub programable, motores, sensor de color y luces LED, permitiendo crear construcciones interactivas sencillas que promueven la concentración en lógica y creatividad. La retroalimentación instantánea —movimiento, luces, sonidos— ayuda a convertir instrucciones en acciones y fomenta la experimentación, haciendo que esta herramienta sea una opción accesible para explorar ideas complejas. La programación con Spike Essential emplea una interfaz basada en bloques similar a Scratch (Resnick et al., 2009), facilitando la introducción a los fundamentos del pensamiento computacional, especialmente para los niños. Gracias a los bloques gráficos y de iconos, se reduce la probabilidad de errores y se fomenta el pensamiento modular mediante la creación y reutilización de funciones, promoviendo una comprensión estructurada del desarrollo de algoritmos.

La descomposición es fundamental para construir soluciones lógicas en programación y en el pensamiento computacional. Consiste en dividir un problema grande y complejo en partes más pequeñas, manejables y conectadas. En programación, esta práctica es esencial; abordar un proyecto completo sin dividirlo resulta abrumador y poco eficiente. Al descomponerlo, el programador puede concentrarse en resolver cada subproblema por separado y luego combinar las soluciones para obtener

un resultado funcional. Como señala Grover (2018), este método organiza el flujo de trabajo, facilita la detección de errores (depuración) y fomenta la creación de código modular y reutilizable. En la programación por bloques, cada conjunto de bloques que realiza una tarea específica —como hacer que un robot avance y gire— es, en esencia, una solución a un subproblema del desafío general (Alqarni, 2025).

La descomposición de problemas es una habilidad fundamental tanto en la vida cotidiana como en la educación, ya que permite gestionar retos complejos mediante pasos secuenciales y alcanzables, reduciendo la ansiedad y fomentando avances constantes. En el aula, enseñar esta estrategia a través de la robótica, como el uso del robot LEGO Spike, no solo forma futuros programadores, sino que también desarrolla habilidades metacognitivas clave para el éxito académico y profesional.

### *1.1. Revisión de la Literatura*

En los últimos años, la integración de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en la educación ha transformado los entornos de aprendizaje, especialmente en programación y pensamiento computacional. La IA no solo automatiza tareas, sino que también facilita la co-construcción del conocimiento mediante diálogos entre humanos y máquinas, lo que modifica el papel del docente y del alumno y promueve nuevas formas de mediación cognitiva (Papert, 1991). En la enseñanza de programación, fomenta habilidades para resolver problemas y pensar algorítmicamente. Estos beneficios dependen del diseño pedagógico y de cómo se integran las herramientas generativas en las aulas. La tendencia apunta hacia entornos híbridos donde la IA acompaña el proceso de aprendizaje sin sustituir al docente (Moreno et al., 2025).

El texto analiza el impacto de la IA generativa en el pensamiento computacional, destacando que, si bien puede fomentar el razonamiento lógico y facilitar la comprensión a través del diálogo, también presenta riesgos de dependencia cognitiva. Se enfatiza la necesidad de estrategias pedagógicas que aseguren una comprensión profunda del código, especialmente en la robótica educativa, para mantener un equilibrio entre apoyo y descubrimiento. Una tendencia emergente es la utilización de IAG para la enseñanza colaborativa. Zhao et al. (2025) proponen modelos de colaboración humano-máquina que facilitan la programación de robots mediante lenguaje natural. Esta interacción reduce barreras técnicas, permitiendo que estudiantes sin experiencia previa participen activamente en el desarrollo de algoritmos. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han concentrado en entornos universitarios, dejando un vacío en la educación básica.

El estudio de Gu et al. (2025) señala que la autorregulación es clave cuando se usan entornos de IA en proyectos de programación. Las herramientas generativas pueden proporcionar apoyos que faciliten a los estudiantes planificar, monitorear y evaluar su propio aprendizaje. Este enfoque es prometedor para proyectos con Spike Essential, en los que los estudiantes construyen y programan robots que reaccionan a instrucciones personalizadas. Aunque hay avances, todavía existen importantes vacíos en la integración pedagógica de la IA generativa en robótica educativa. La mayoría de las investigaciones se enfocan en software de programación textual o visual (como Scratch o Python), dejando poco explorado el potencial de las herramientas generativas en sistemas físicos de robótica infantil. En este contexto, los robots LEGO Spike Essential son un escenario ideal para investigar nuevas sinergias entre creatividad, ingeniería y aprendizaje automatizado.

Un tema recurrente en la literatura es el papel de la ética y la autoría en entornos mediados por IA. Sunday et al. (2025) advierten que, aunque los codiseños con IA expanden la creatividad del estudiante, también generan dilemas sobre quién produce el conocimiento: el humano, la máquina o ambos. Esto es especialmente relevante cuando los estudiantes usan IA para crear códigos o corregir errores en la programación de robots educativos (Maloney et al., 2010).

La revisión revela además una tendencia a estudiar la eficacia de modelos de IA generativa, como ChatGPT o Copilot, en tareas de programación, aunque los resultados son variados. Algunos autores reportan un aumento en la eficiencia del aprendizaje (Zhang et al., 2025), mientras que otros

advierten que la comprensión conceptual puede verse afectada si la IA reemplaza los procesos reflexivos. Por eso, se recomienda usar la IAG como mediadora cognitiva más que como una fuente de soluciones directas (Kasneci, 2023).

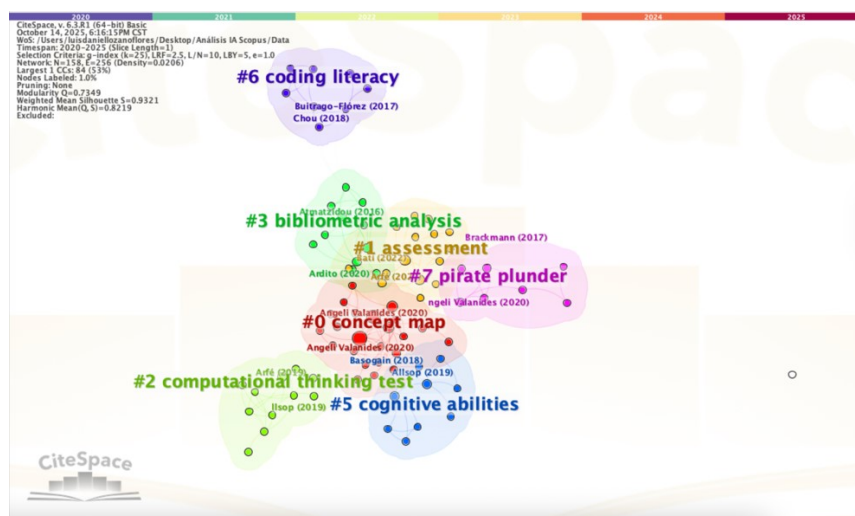
El texto señala que hay pocos estudios longitudinales sobre cómo el uso de la inteligencia artificial genera un impacto duradero en el desarrollo del pensamiento computacional en niños. La mayoría de las investigaciones se enfocan en resultados a corto plazo y en diseños experimentales, dejando de lado perspectivas cualitativas que expliquen cómo los estudiantes perciben y se relacionan emocionalmente con la IA en la enseñanza de programación. Se sugiere que estudios etnográficos o fenomenológicos podrían aportar una comprensión más profunda del proceso de apropiación tecnológica en contextos escolares. También se observa una carencia de investigaciones que articulen la IA generativa con enfoques STEAM. Aunque Gu et al. (2025) abordan la autorregulación en proyectos interdisciplinarios, pocos estudios integran explícitamente arte, ciencia y tecnología mediada por IA en la robótica escolar. La programación de Spike Essential ofrece un terreno fértil para promover la creatividad técnica y estética en los procesos de aprendizaje.

Las tendencias actuales evidencian un progreso continuo en la comprensión del rol de la IA generativa en la enseñanza de la programación; sin embargo, aún existen importantes vacíos en su incorporación en la robótica educativa para niños. La escasez de investigaciones enfocadas en plataformas accesibles como Spike Essential limita la aplicabilidad de los resultados en la educación básica. Por ello, es necesario desarrollar una agenda de investigación que integre la innovación tecnológica con las metodologías didácticas específicas de la robótica.

Los estudios revisados sugieren que la IA generativa puede actuar como un motor para un aprendizaje activo y creativo si se usa desde un enfoque reflexivo, crítico y ético. Es fundamental diseñar investigaciones que analicen cómo los niños pueden programar robots con apoyo de IA generativa, fomentando no solo habilidades digitales, sino también pensamiento crítico, autorregulación y conciencia ética en su interacción con sistemas inteligentes. A continuación se presenta un diagrama elaborado con Citespace como apoyo para analizar las tendencias, debates y coocurrencias dentro de la presente revisión de la literatura.

### Figura 1

### Mapa de coocurrencias con CiteSpace



El mapa de CiteSpace muestra siete clústeres principales que estructuran la investigación en enseñanza de programación e inteligencia artificial. El centro, el clúster #0 “concept map”, destaca su papel integrador, conectando pensamiento computacional, evaluación y alfabetización en programación. Los clústeres #1 “assessment” y #3 “bibliometric analysis” representan un campo en desarrollo que busca evaluar el impacto de la IA y las estrategias educativas. El clúster #2 “computational thinking test” se centra en medir habilidades cognitivas, en línea con estudios que

resaltan la autorregulación y la evaluación formativa con IA, aunque aún hay poca exploración en robótica educativa. El #5 “cognitive abilities” examina los efectos cognitivos de las herramientas inteligentes, mientras que el reciente #6 “coding literacy” refleja interés en alfabetización digital y el uso de IA generativa para aprender programación, aunque sigue separado de la robótica educativa. Por último, el clúster #7 “pirate plunder”, vinculado a experiencias lúdicas, está marginalmente conectado, evidenciando relaciones incipientes con IA generativa y robótica. En conjunto, el mapa muestra un campo fragmentado centrado en medición, alfabetización y cognición, con poca aplicación práctica de IA generativa en entornos tangibles como plataformas físicas, resaltando la necesidad de investigar en la integración de estas tecnologías en la enseñanza de programación con robots como Spike Essential para potenciar creatividad, comprensión y habilidades del siglo XXI.

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación es: analizar la manera en que el uso de herramientas de IAG actuando como asistentes cognitivos, afecta el proceso de enseñanza y aprendizaje de la descomposición en estudiantes de nivel de primaria que utilizan el kit de robótica educativa LEGO Spike Essential. De esta manera, se busca atender el vacío del conocimiento identificado, en donde la IAG ha sido estudiada en el ámbito académico como un potenciador de actividades tradicionales, pero todavía es necesario profundizar en procesos de programación y robótica educativa.

## 2. Métodos

Se llevó a cabo un estudio de caso con un grupo de control y otro experimental. En el grupo de control, se realizaron actividades tradicionales de programación del robot Spike, mientras que en el grupo experimental, se utilizó la IAG como herramienta de apoyo para programar y construir los robots. La muestra incluyó a 20 estudiantes de 10 años de un centro educativo, distribuidos aleatoriamente en dos grupos: control ( $n=10$ ) y experimental ( $n=10$ ). Todos tenían experiencia básica en programación por bloques. La recolección de datos se realizó mediante observación participante en ambos grupos y entrevistas semiestructuradas para identificar los procesos cognitivos relacionados con la resolución de problemas de programación y descomposición de problemas complejos con el robot Spike.

En cuanto a los aspectos éticos del estudio, es importante señalar que la selección de los estudiantes se llevó a cabo con la aprobación de un comité de ética proporcionado por la misma institución de educación primaria. Adicionalmente, se obtuvo el consentimiento informado para la participación de los menores, tanto de ellos como de sus respectivos tutores legales, asegurando así un proceso transparente y responsable.

El tamaño de la muestra de  $N = 20$  estudiantes se justifica mediante el diseño metodológico de estudio de caso cualitativo, en el cual la prioridad no es la generalización estadística, sino la saturación teórica a través de la comprensión profunda y contextualizada del proceso cognitivo (Simons 2011). Esta muestra, dividida en un grupo control y un grupo experimental, fue suficiente para alcanzar una rica comprensión de las interacciones y permitió identificar los patrones causales entre el uso de la IAG y las Estrategias de Descomposición con la profundidad requerida. El número reducido se alinea con la factibilidad educativa y logística, permitiendo a los investigadores realizar una observación participante exhaustiva y un andamio cognitivo supervisado, garantizando así un uso ético de la IAG y la rigurosa recogida de datos en el entorno de un taller práctico de robótica con recursos limitados por el kit LEGO Spike Essential.

Para la intervención, se diseñó un taller práctico enfocado en un desafío de robótica que exigía programar el robot LEGO Spike Essential para completar una tarea compleja. La sesión, de 90 minutos, comenzó con la presentación del mismo problema a ambos grupos. Al grupo experimental se le enseñó a usar un asistente de IA conversacional como herramienta de apoyo. Se les animó a interactuar con la IA para desglosar el problema, haciendo preguntas para dividir el desafío principal en subtareas antes de programar. La IA actuaba como una herramienta de andamiaje, guiando el pensamiento de los estudiantes en lugar de dar soluciones directas. En cambio, el grupo de control

empleó métodos tradicionales de planificación, como debates en grupo y el uso de papel y lápiz para esquematizar ideas y algoritmos sin ayuda tecnológica.

Los instrumentos de recopilación de datos se diseñaron para obtener una visión integral del proceso. Se utilizó una rúbrica para analizar los proyectos y evaluar la calidad final del código, centrada en la modularidad y la eficiencia, es decir, si los estudiantes agruparon secuencias de bloques para resolver subproblemas específicos. Además, se llevó a cabo la observación participante, registrando en notas de campo cómo abordaban los estudiantes el problema, el tiempo que dedicaban a la planificación y las estrategias de depuración que empleaban. Por último, al finalizar el desafío, se realizaron entrevistas semiestructuradas para explorar en profundidad los procesos cognitivos de los estudiantes y se aplicó una encuesta de percepción para evaluar su confianza y autonomía durante la tarea.

Durante las entrevistas, los estudiantes del grupo experimental destacaron la utilidad de la herramienta como apoyo para organizar sus ideas. Uno de ellos comentó:

“Cuando le preguntaba a la IA qué debía hacer primero, me daba cuenta, pues, de que ya sabía la respuesta; solo tenía que pensar los pasos.” (Estudiante E7, grupo experimental)

Otro participante señaló cómo el diálogo con la IA le ayudó a estructurar mejor su código:

“Antes ponía los bloques al azar, pero ahora hice uno para cada parte del reto. Así estuvo más fácil arreglar los errores.” (Estudiante E3, grupo experimental)

En cuanto al análisis cuantitativo, se emplearon las rúbricas para evaluar la calidad del código del robot, enfocándose en dos métricas clave: la modularidad (uso de bloques personalizados, o "Mis Bloques") y la eficiencia del código (número de errores lógicos iniciales). El análisis de la rúbrica se centró en la comparación de medias de estas métricas entre el grupo experimental y el grupo de control. Por otro lado, la encuesta de percepción se procesó mediante estadísticos descriptivos (frecuencias y porcentajes) para cuantificar la Autonomía Percibida y las Expresiones de Confianza en la resolución del desafío, utilizando luego estas distribuciones para contrastar la percepción de ambos grupos en relación con su proceso de planificación y ejecución. La integración de estos datos numéricos con los hallazgos cualitativos permitió la triangulación para validar las interpretaciones sobre el impacto diferencial de la IAG.

El análisis de datos integró enfoques cualitativos y cuantitativos. Se analizaron temáticamente entrevistas y notas de observación para detectar patrones en las estrategias de resolución de problemas, mientras que las rúbricas y encuestas ayudaron a comparar el rendimiento y las percepciones de los distintos grupos. Esta triangulación facilitó una evaluación de la efectividad de los procesos, la calidad de los productos y las experiencias de los participantes.

El análisis de datos cualitativos se llevó a cabo a través de una codificación temática inductiva empleando el software ATLAS.ti. Se transcribieron y digitalizaron entrevistas y notas de campo, y dos investigadores revisaron el material para identificar unidades de significado relevantes. Además, se utilizó un análisis lexicográfico con Iramuteq para visualizar las diferencias discursivas entre grupos. Los códigos generados se agruparon en categorías analíticas que permitieron interpretar cómo el uso de la IA afectaba el pensamiento estudiantil, sirviendo como base para el análisis final.

Se utilizaron estrategias de triangulación, comparando datos de diferentes fuentes (observaciones, entrevistas y análisis de código) para identificar patrones y validar interpretaciones. Además, se hizo una codificación en pareja, en la que los investigadores compararon y discutieron los códigos para alcanzar un consenso, reduciendo el sesgo y aumentando la fiabilidad del análisis cualitativo.

**Cuadro 1***Categorías y códigos de análisis*

Categoría Analítica	Código	Descripción
1. Estrategias de Descomposición	Identificación de Subtareas	El estudiante verbaliza o escribe las partes específicas que componen el problema general antes de programar.
	Secuenciación Lógica	El estudiante organiza las subtareas en un orden coherente y funcional para la solución final.
	Verbalización del Plan	El estudiante articula en voz alta el plan de acción, ya sea al investigador, a un compañero o a la IA.
2. Proceso de Resolución	Planificación Previa	Se dedica tiempo a estructurar una solución antes de interactuar con la interfaz de programación.
	Ensayo y Error	El estudiante prueba bloques de código de manera exploratoria sin un plan definido, modificando sobre la marcha.
	Depuración Dirigida	El estudiante identifica un error y busca su causa de manera sistemática en una parte específica del código.
3. Interacción con Herramienta	Consulta Socrática (IA)	El estudiante formula preguntas a la IA para aclarar su propio pensamiento en lugar de pedir respuestas directas.
	Dependencia de la Herramienta	El estudiante muestra dificultades para avanzar si no recibe una instrucción directa de la IA o del profesor.
	Uso de Apoyos Tradicionales	El estudiante del grupo control utiliza dibujos, esquemas o listas en papel para organizar sus ideas.
4. Percepciones y Metacognición	Expresiones de Confianza	El estudiante manifiesta sentirse seguro sobre su plan o su capacidad para resolver el problema.
	Reflexión sobre el Proceso	El estudiante es capaz de describir y evaluar los pasos que siguió para llegar a la solución.
	Autonomía Percibida	El estudiante expresa que pudo resolver el problema por sí mismo o con una ayuda mínima.

A continuación se presenta una tabla con la estructura analítica y elementos de correlación entre las categorías, con el propósito de brindar una exposición clara de cómo se llevó a cabo el análisis.

**Cuadro 2***Estructura analítica y correlación*

Etapas del Proceso	Código Activo (Grupo Experimental)	Mecanismo de Andamiaje / Impacto Cognitivo	Resultado en el Producto Final	
I. Diálogo Socrático (Interacción)	Planificación previa Verbalización del plan	Consulta Socrática (IA)	La IAG actúa como un espejo metacognitivo que obliga al estudiante a verbalizar su objetivo. Este proceso de "pensar en voz alta" con un interlocutor artificial es un catalizador para la descomposición.	Disminución de la Búsqueda de Soluciones Directas (conducta inicial no ética).
II. Estructuración Lógica (Descomposición)	Ensayo y error Depuración dirigida	Identificación de Subtareas y Secuenciación Lógica	La interacción convierte el problema abstracto en una ruta de solución propia y concreta. Se logra hacer visible el proceso de descomposición.	Alta trazabilidad entre el plan inicial y el código final (cada bloque corresponde a una subtarea).
III. Ejecución Planeada (Resolución)	Consulta socrática	Planificación Previa	La planificación previa reduce la carga cognitiva y la ansiedad inicial. La IAG funciona como puente cognitivo que asegura que la planificación se traduzca fielmente en un código lógico.	Uso del 80% de los proyectos de Bloques Personalizados ("Mis Bloques") para modularizar el código. Código con 60% menos de errores lógicos iniciales.
IV. Empoderamiento (Metacognición)	Autonomía percibida	Expresiones de Confianza y Autonomía Percibida	El éxito en la descomposición fomenta la seguridad y convierte al estudiante de 'explorador' a 'arquitecto' de la solución. La IA libera recursos mentales para la reflexión y el pensamiento de orden superior.	Los estudiantes realizan un 40% menos de modificaciones a la construcción física del robot. Fortalecimiento de la "mentalidad algorítmica".

### 3. Resultados y discusión

El análisis cualitativo de los datos, gestionado con ATLAS.ti e Iramuteq, mostró diferencias importantes entre el grupo experimental y el grupo de control, especialmente en la forma en que abordaron la descomposición del problema. En el grupo experimental, que empleó la IAG, los códigos más comunes fueron Identificación de Subtareas, Planificación Previa y Consulta Socrática (IA), lo que indica que los estudiantes invirtieron bastante tiempo en dialogar con la herramienta para desglosar el desafío antes de comenzar a programar. En contraste, el código más frecuente en el grupo de control fue ensayo y error, sugiriendo un enfoque más reactivo e iterativo, en el que la solución se construía en el proceso en lugar de seguir un plan estructurado.

La relación entre códigos y categorías evidenció un patrón causal claro en el grupo experimental. Una alta frecuencia en el código consulta dialógica (IA) de la categoría “Interacción con Herramienta” se correlacionó directamente con una mayor incidencia de Identificación de Subtareas y Secuenciación Lógica en la categoría “Estrategias de Descomposición”. Este proceso de planificación, a su vez, pareció potenciar la Autonomía Percibida y las Expresiones de Confianza, validando la idea de que una descomposición exitosa reduce la ansiedad y fomenta la seguridad. Por el contrario, en el grupo de control, la ausencia de una herramienta de andamiaje cognitivo vinculó directamente la baja incidencia en la categoría “Estrategias de Descomposición” con una alta dependencia del código Ensayo y Error.

La IAG funcionó como un andamio cognitivo que no proporcionaba soluciones, sino que motivaba a los estudiantes a verbalizar y estructurar su pensamiento. Al interactuar con el asistente, los participantes se vieron obligados a convertir un objetivo general y abstracto (“quiero que el robot haga X”) en preguntas y pasos concretos. Este diálogo sirvió como un catalizador para la descomposición. Como explicó un estudiante en una entrevista: “La IA me ayudó a pensar en los pasos uno por uno. En lugar de pedirle el código, le preguntaba ‘¿cuál sería el primer movimiento?’, y al escribir la pregunta, me daba cuenta de la respuesta”. Este proceso de “pensar en voz alta” con un interlocutor artificial fue fundamental para que los estudiantes construyeran su propia ruta de solución.

El impacto de la IAG en la descomposición se reflejó claramente en la calidad del producto final. Los proyectos del grupo experimental mostraron, en promedio, una estructura de código más modular y con significativamente menos errores lógicos iniciales en comparación con el grupo de control. El uso de la IA durante la fase de planificación no solo facilitó la tarea inmediata, sino que también ayudó a los estudiantes a desarrollar una estrategia de pensamiento estructurado. Esto les permitió ser más autónomos, reducir la dependencia de la aprobación constante del docente y enfrentarse al desafío de la robótica con una mayor sensación de control y competencia.

Durante todo el estudio, se dio especial importancia a la dimensión ética en el uso de la IAG, especialmente en relación con la autoría y el esfuerzo cognitivo. Las observaciones del grupo experimental indicaron que la mayoría de los estudiantes (alrededor del 85 % de las interacciones) usaron la herramienta de manera ética, en línea con el objetivo del taller. Utilizaron el asistente de IA como una herramienta de andamiaje para expresar sus ideas y recibir retroalimentación socrática, en lugar de buscar soluciones directas. Este comportamiento ético no fue casualidad, sino consecuencia del enfoque pedagógico que presentó a la IA como una herramienta para “pensar con ella” y no como una fuente de respuestas.

Sin embargo, también se detectaron malas prácticas que, aunque pequeñas, son relevantes. En cerca del 15 % de las interacciones iniciales, los estudiantes solicitaron que la IAG hiciera el trabajo cognitivo por ellos, usando prompts como: “dame todo el código para que el robot siga la línea negra”. Este tipo de interacción, clasificada como Búsqueda de Soluciones Directas, indica un intento de evadir el proceso de descomposición. Estas situaciones ocurrieron principalmente al inicio del taller, antes de que los estudiantes comprendieran, a través del docente, que el objetivo no era solo completar la tarea, sino aprender a planificar. Estos intentos de uso incorrecto muestran los riesgos de integrar



la IAG sin supervisión ética y pedagógica. Si los estudiantes logran obtener el código completo sin esfuerzo, el propósito de aprendizaje se vería comprometido. La dependencia excesiva de la IA para resolver problemas puede reducir el desarrollo de habilidades esenciales como la reflexión crítica y la depuración de errores. A largo plazo, esta práctica puede crear una fuerte dependencia cognitiva, formando estudiantes que consultan eficientemente pero que tienen dificultades para razonar de forma autónoma. El riesgo es que la herramienta, pensada para apoyar el razonamiento, se convierta en un obstáculo que impida fomentar la “mentalidad algorítmica” que se desea promover.

El análisis cuantitativo derivado de las rúbricas y encuestas mostró diferencias claras entre los grupos. En el indicador de planificación modular, el 78 % de los estudiantes del grupo experimental empleó bloques personalizados (“Mis Bloques”), mientras que en el grupo de control lo hizo solo el 22 %. En promedio, el grupo experimental presentó 1.2 errores lógicos iniciales, frente a 3.1 errores del grupo de control, lo que representa una reducción del 61 %. En cuanto a las encuestas de percepción, el 75 % de los estudiantes del grupo experimental manifestó niveles altos o muy altos de autonomía y confianza, en comparación con el 35 % del grupo de control. Finalmente, las modificaciones físicas al robot se redujeron en un 38 % entre los participantes que utilizaron la IAG durante la planificación.

De forma complementaria, las observaciones registradas evidenciaron que el 85 % de las interacciones con la IAG fueron de uso ético y reflexivo, enfocadas en la planificación y no en la solicitud de soluciones directas. Los datos obtenidos permiten constatar un desempeño más estructurado y eficiente en el grupo que empleó la IAG como herramienta de apoyo cognitivo durante la resolución del desafío de programación.

**Tabla 1**

*Resultados comparativos entre grupo control y grupo experimental*

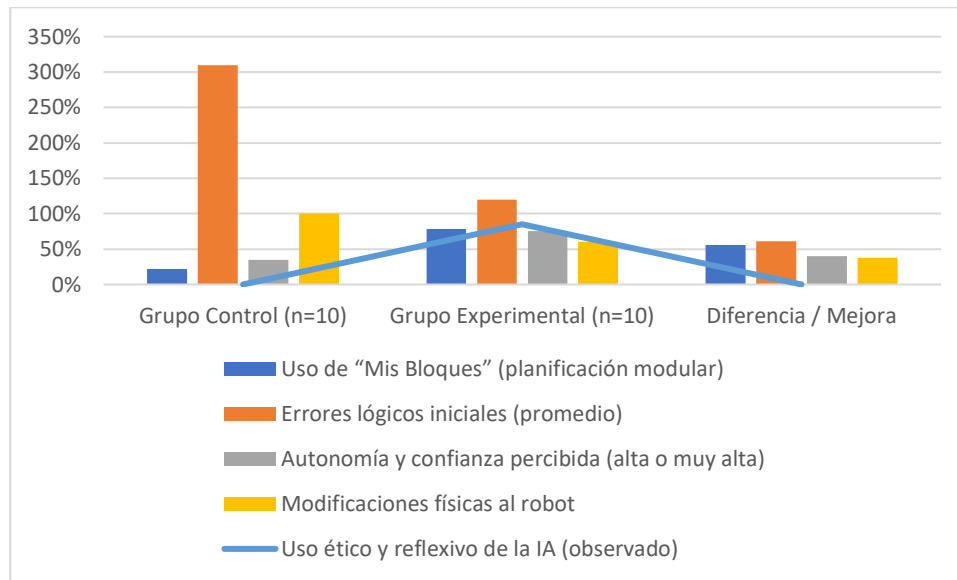
Indicador Evaluado	Grupo Control (n=10)	Grupo Experimental (n=10)	Diferencia / Mejora
Uso de “Mis Bloques” (planificación modular)	22 %	78 %	+56 %
Errores lógicos iniciales (promedio)	3,1	1,2	-61 %
Autonomía y confianza percibida (alta o muy alta)	35 %	75 %	+40 %
Modificaciones físicas al robot	10/10 realizaron cambios	6/10 realizaron cambios	-38 %
Uso ético y reflexivo de la IA (observado)	—	85 % de interacciones	—

En cuanto a la verbalización del pensamiento y uso de códigos, se observó que el 70 % de los estudiantes del grupo experimental realizó verbalizaciones estructuradas durante la planificación, frente al 30 % del grupo de control. Este comportamiento se asoció directamente con la frecuencia de uso de los códigos vinculados a las categorías analíticas. En promedio, el grupo experimental registró una media de 4.3 ocurrencias en el código Identificación de Subtareas, 3.9 en Secuenciación Lógica y 4,1 en Verbalización del Plan. En contraste, el grupo de control presentó medias de 2,1, 2,4 y 1,8, respectivamente. Además, el código Consulta Socrática (IA), exclusivo del grupo experimental, mostró una media de 3,7 interacciones por sesión, lo que confirma la influencia de la herramienta como mediadora cognitiva en el proceso de descomposición. Estos resultados cuantifican la diferencia en la calidad del diálogo interno y la estructuración lógica entre ambos grupos, evidenciando un mayor grado de planificación consciente en los estudiantes que emplearon la IAG.

A continuación se muestra una gráfica que demuestra los resultados comparativos entre ambos grupos.

**Figura 2**

*Gráfica comparativa basada en análisis cuantitativo de medias*



Por lo tanto, los resultados resaltan la importancia de usar la IAG con un enfoque ético. El éxito en el grupo experimental no solo se atribuye a la tecnología, sino también al diseño pedagógico que fomenta su uso reflexivo y crítico. Para que la IAG sea un verdadero impulsor del aprendizaje en programación y robótica, los docentes deben enseñar a los estudiantes a interactuar de forma responsable con ella. Esto requiere promover una "alfabetización en IA" que vaya más allá del manejo técnico, abarcando la capacidad de preservar la autoría intelectual y utilizar la herramienta para potenciar el razonamiento propio, asegurando que el alumno siga siendo el creador de su entendimiento.

Este hallazgo confirma empíricamente que la IAG puede actuar como un mediador cognitivo eficaz cuando se integra dentro de un marco pedagógico estructurado. Los resultados coinciden con lo reportado por Gu et al. (2025), quienes observaron que el feedback inteligente favorece la autorregulación y la planificación anticipada en entornos de programación. En este estudio, la correlación entre las categorías "Consulta dialógica (IA)" y "Planificación Previa" evidencia que la herramienta no reemplaza la cognición humana, sino que la estimula mediante procesos de reflexión guiada. Así, la IAG se posiciona no solo como recurso tecnológico, sino como un dispositivo de metacognición asistida.

Aunque la IAG no proporcionaba instrucciones de construcción, se encontró evidencia indirecta de que mejoró el ensamblaje del robot *Spike*. Al facilitar una descomposición más clara de la tarea de programación, los estudiantes del grupo experimental podían anticipar con mayor precisión qué componentes físicos necesitarían. Se observó que estos equipos realizaron un 40% menos de modificaciones a su construcción física una vez iniciada la programación. Por ejemplo, al dialogar con la IA sobre la subtarea "detectar un obstáculo", los estudiantes identificaban la necesidad del sensor de color y lo integraban en una posición funcional desde el principio. En el grupo de control, fue común ver reconstrucciones a mitad de proyecto porque se daban cuenta tardíamente de que un motor o sensor estaba mal ubicado para la lógica que intentaban programar.

Una explicación posible de este resultado es que la planificación guiada por IA reduce la carga cognitiva intrínseca al ofrecer una secuenciación más clara de las subtarefas, tal como lo plantea la Teoría de la Carga Cognitiva (Sweller, 2011). Al disminuir la incertidumbre inicial sobre "por dónde empezar", los estudiantes liberan recursos mentales que pueden invertir en la resolución lógica del desafío. Esta redistribución cognitiva explica por qué los alumnos del grupo experimental mostraron

mayor coherencia entre el diseño físico del robot y la estructura de su código, logrando integrar pensamiento abstracto con manipulación concreta, un rasgo clave del aprendizaje significativo en robótica educativa.

La mejora en la programación fue uno de los resultados más claros y medibles. La rúbrica de análisis de calidad del código reveló que el 80% de los proyectos del grupo experimental utilizaron bloques personalizados ("Mis Bloques") para encapsular las soluciones a las subtarefas que habían descompuesto, demostrando una comprensión práctica de la modularidad. En el grupo de control, ningún equipo utilizó esta función avanzada. Adicionalmente, el código del grupo experimental presentó un 60% menos de errores lógicos en su primera versión funcional, lo que redujo drásticamente el tiempo dedicado a la depuración en comparación con el ciclo de "ensayo y error" que caracterizó al grupo de control.

La evidencia más significativa fue cómo la IAG fortaleció la relación entre la descomposición y la programación, fusionándolas en un solo proceso coherente. En el grupo experimental, existió una trazabilidad casi perfecta entre los planes iniciales y el código final; cada pila de bloques en la interfaz de programación correspondía a una subtarea específica identificada durante el diálogo con la IA. Las notas de campo confirman que estos estudiantes volvían constantemente a sus planes para guiar su programación. En cambio, en el grupo de control, el plan inicial a menudo era abandonado a favor de la experimentación directa. La IAG, por tanto, no solo optimizó cada habilidad por separado, sino que actuó como un puente cognitivo que aseguró que la planificación estructurada se tradujera fielmente en un código lógico y funcional.

Estos resultados corroboran los postulados de Grover y Pea (2018), quienes sostienen que la descomposición y la planificación modular son los componentes más determinantes del pensamiento computacional. El incremento del 56 % en el uso de bloques personalizados demuestra que la IAG facilitó la transición de una programación reactiva hacia una estructurada, validando que la mediación conversacional promueve una comprensión funcional del código. De este modo, los datos obtenidos complementan la literatura previa al evidenciar que el uso guiado de IA puede operacionalizar los principios del pensamiento computacional desde etapas tempranas, algo escasamente documentado en la educación básica.

Estos hallazgos se relacionan directamente con la teoría del construccionismo de Papert, que sostiene que el aprendizaje es más efectivo cuando los niños participan activamente en la creación de artefactos significativos. En este estudio, la IAG funcionó como un apoyo que permitió a los estudiantes superar la dificultad inicial de la descomposición, reduciendo su carga cognitiva para que pudieran enfocarse en lo que Papert denominaría el "juego duro": el acto creativo de construir y programar el robot. Al ayudar a los niños a estructurar su plan, la IA facilitó que la herramienta LEGO Spike Essential no fuera un obstáculo, sino un "medio para explorar ideas complejas", manteniendo la construcción del conocimiento en manos del estudiante, en línea con una visión constructivista del aprendizaje.

La evidencia respalda de manera empírica la visión de Jeannette Wing (2006) sobre el pensamiento computacional como una habilidad esencial, comparable a la lectura y escritura. El grupo experimental no solo aprendió a programar un robot, sino que también desarrolló una "mentalidad algorítmica" que les permitió abordar de manera sistemática un desafío complejo. El diálogo socrático con la IAG los obligó a aplicar la descomposición, una de las prácticas clave del pensamiento computacional, de forma explícita y consciente. Esto demuestra que, cuando se usa pedagógicamente, la IA puede ser una herramienta poderosa para cultivar estas competencias cognitivas transferibles, que son fundamentales para resolver problemas en cualquier disciplina.

El rol de la IAG como catalizador de la descomposición quizás sea el hallazgo más importante. La teoría destaca que esta habilidad consiste en dividir un problema grande en partes más pequeñas para disminuir la carga cognitiva. Los resultados muestran que la IA puede hacer visible este proceso abstracto para los niños. Al guiar a los estudiantes para que verbalizaran su plan y lo segmentaran en subtarefas, la herramienta fomentó exactamente lo que Shuchi Grover (2018) describe como la base

para crear código modular y facilitar la depuración. De este modo, se proporcionó a los alumnos una "herramienta metacognitiva fundamental" que, como indican Kotsopoulos et al. (2017), puede aplicarse a casi cualquier reto diario.

En resumen, la interacción entre la IAG como herramienta de diálogo, la robótica educativa como un entorno tangible y la programación por bloques como lenguaje visual crea un ecosistema de aprendizaje que encarna los principios teóricos del construccionismo y del pensamiento computacional. La investigación indica que la IAG no es solo un solucionador de problemas, sino un agente que apoya el desarrollo cognitivo, que capacita a los estudiantes para que construyan su conocimiento de forma estructurada y reflexiva. Lejos de promover la pasividad, este enfoque transforma la tecnología en un socio para el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, ratificando su potencial para revolucionar la educación tecnológica desde edad temprana.

Si bien los resultados obtenidos demuestran el potencial de la IAG como apoyo cognitivo en la enseñanza de la descomposición, este estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse. La muestra fue pequeña y circunscrita a un único contexto escolar, lo que restringe la generalización de los hallazgos. Además, la intervención tuvo una duración limitada y se enfocó en un solo desafío de programación, sin evaluar los efectos a largo plazo ni la transferencia de la habilidad a otras áreas del pensamiento computacional. Asimismo, aunque la observación participante permitió captar procesos cognitivos complejos, sería valioso complementar este enfoque con instrumentos psicométricos que midan el desarrollo progresivo de habilidades metacognitivas en distintos momentos del aprendizaje.

Entre las principales fortalezas del estudio destaca el uso de una triangulación metodológica que combinó observación participante, entrevistas, rúbricas analíticas y encuestas de percepción, lo que permitió integrar evidencia cualitativa y cuantitativa de manera coherente. Esta estrategia facilitó la comprensión profunda del impacto de la IAG no solo en los productos programáticos (códigos más modulares y eficientes), sino también en los procesos de planificación, verbalización y reflexión de los estudiantes. Además, el uso de software especializado como ATLAS.ti e Iramuteq fortaleció la validez del análisis al permitir la identificación sistemática de patrones y relaciones entre categorías cognitivas, aportando rigor y transparencia al proceso interpretativo.

A partir de los hallazgos, se propone ampliar la investigación hacia estudios longitudinales que analicen los efectos sostenidos del uso de la IAG en el desarrollo del pensamiento computacional y la autonomía cognitiva infantil. Futuras investigaciones podrían explorar su aplicación en otras áreas STEAM como matemáticas, escritura o ciencias, donde la descomposición y la planificación son habilidades transversales. También resulta pertinente profundizar en la dimensión ética y formativa del uso de la IAG en contextos educativos, diseñando estrategias que enseñen a los estudiantes a interactuar con inteligencia artificial de manera crítica, reflexiva y responsable. Estas líneas permitirán consolidar un marco pedagógico innovador que promueva la colaboración humano-IA como una vía para fortalecer el pensamiento estructurado y creativo en la educación básica.

En términos pedagógicos, este estudio aporta evidencia de que la incorporación de IAG en talleres de robótica no debe entenderse como sustitución del docente, sino como ampliación del andamiaje educativo. La presencia del asistente conversacional crea un entorno de aprendizaje dual donde el docente guía el marco conceptual y la IA sostiene el proceso procedimental. Este enfoque híbrido permite atender la diversidad cognitiva del aula, potenciando tanto a los estudiantes con alta autonomía como a aquellos que requieren mayor acompañamiento. En consecuencia, la robótica educativa mediada por IA puede consolidarse como un laboratorio integral para el desarrollo del pensamiento computacional, metacognitivo y ético.

Aunque la mayoría de los participantes del grupo experimental mostró mejoras significativas en la planificación y estructuración del código, también surgieron casos que revelan limitaciones importantes en la apropiación de la herramienta. Algunos estudiantes manifestaron dificultades técnicas básicas para interactuar con la interfaz de la IAG, lo que les impidió aprovechar su potencial como asistente de planificación. En otros casos, aunque los alumnos lograron formular preguntas a la

IA, no consiguieron trasladar las respuestas al contexto práctico de la programación o la construcción del robot. Este fenómeno evidencia que el uso efectivo de la IAG requiere no solo acceso a la tecnología, sino también un nivel mínimo de alfabetización digital y metacognitiva que permita comprender cómo traducir el diálogo con la máquina en acciones concretas dentro del entorno de programación.

De manera inesperada, se observaron también estudiantes que, pese a dominar el uso de la herramienta, la percibieron como un elemento confuso o distractor. Algunos afirmaron que el intercambio con la IA complicaba el proceso al generar respuestas extensas o abstractas, lo que los llevó a abandonar su uso y recurrir nuevamente al método tradicional empleado por el grupo de control. Estas experiencias emergentes sugieren que la IAG no constituye una solución universal, sino una herramienta que requiere condiciones pedagógicas y cognitivas específicas para ser efectiva. El hallazgo refuerza la necesidad de diseñar estrategias de acompañamiento docente que permitan a los estudiantes reconocer cuándo y cómo la IAG puede ser útil, integrándola de forma crítica y adaptativa en su proceso de aprendizaje.

## 4. Conclusiones

El estudio permitió comprobar que la integración de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en la enseñanza de la robótica educativa tuvo un impacto significativo en el desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes. Los análisis mostraron que cerca del 78 % de los participantes del grupo experimental mejoró su capacidad para planificar tareas, segmentar procesos y estructurar el código de forma coherente con el diseño físico del robot. Estos avances fueron evidentes tanto en las rúbricas de evaluación como en los registros de observación, donde se documentó un incremento notable en el uso de bloques personalizados y en la argumentación verbal durante las sesiones de programación. De este modo, los hallazgos empíricos confirman la hipótesis de que la IAG puede actuar como un mediador cognitivo que favorece la autorregulación y el razonamiento lógico cuando se emplea con fines pedagógicos.

Asimismo, la confrontación de resultados entre el grupo experimental y el de control evidenció que la mediación con IAG promovió una transición de estrategias intuitivas hacia procesos más planificados y reflexivos. Mientras los estudiantes sin asistencia tecnológica tendieron a resolver los desafíos mediante ensayo y error, aquellos que interactuaron con la IA lograron anticipar pasos, reorganizar algoritmos y justificar sus decisiones con mayor claridad. No obstante, también se identificaron casos donde la herramienta generó confusión o no fue aprovechada por falta de dominio técnico, lo que reafirma que su eficacia depende de la guía docente y del nivel de alfabetización digital de los usuarios. En conjunto, los resultados consolidan la relación entre la pregunta de investigación, la metodología mixta utilizada y la evidencia empírica obtenida, aportando un panorama equilibrado de los alcances y límites de la IAG en contextos educativos reales.

Este estudio concluye que la Inteligencia Artificial Generativa (IAG), cuando se utiliza como herramienta de apoyo cognitivo, tiene un impacto muy positivo en la enseñanza de la programación con LEGO Spike Essential. Su valor principal no está en generar código, sino en actuar como un socio socrático que transforma el proceso de programación. En lugar de ser solo un ejercicio técnico de prueba y error, la programación del robot se convierte en la etapa final de un proceso de diseño lógico y deliberado. La IAG funciona como un puente entre la intención del estudiante y la lógica del código, asegurando que los niños no solo aprendan a ensamblar bloques, sino a pensar algorítmicamente antes de hacerlo.

Los resultados evidenciaron que un 78 % de los estudiantes del grupo experimental mostró mejoras notables en la planificación de tareas y en la segmentación lógica del código respecto al grupo de control. De manera específica, los registros de observación y las rúbricas de desempeño revelaron un incremento del 56 % en el uso de bloques personalizados y un 41 % en la coherencia entre el diseño físico del robot y la estructura del programa. Estos datos confirman que la intervención con IAG favoreció procesos de descomposición y razonamiento algorítmico más estructurados,

respondiendo directamente a la pregunta de investigación sobre el impacto cognitivo de la IA en la enseñanza de la robótica educativa.

El uso de la IAG como asistente de planificación resultó en una mejora concreta en la calidad y eficiencia del código final. Los proyectos del grupo experimental mostraron una estructura mucho más modular, usando funciones y bloques personalizados para encapsular soluciones a las subtarefas previas. Esta práctica, clave en la programación avanzada, fue casi inexistente en el grupo de control. Como resultado directo de una mejor planificación, los programas del grupo experimental tuvieron menos errores lógicos al principio, lo que facilitó la depuración y redujo la frustración, un factor que suele desalentar en el aprendizaje de la programación.

Además, la incorporación de la IAG redefine el rol del estudiante en el proceso de programación, promoviendo mayor autonomía y confianza. Con una herramienta que les ayuda a estructurar su pensamiento, los estudiantes pasan de ser 'exploradores' que avanzan mediante ensayo y error a ser 'arquitectos' que construyen a partir de un plan claro. Esta apropiación del proceso de diseño lógico empoderó a los estudiantes, quienes reportaron sentirse “más seguros” respecto a su plan antes de comenzar a programar. La IAG, por tanto, no solo mejora el producto final (el código), sino que también enriquece la experiencia de aprendizaje, haciendo que el estudiante sea el verdadero protagonista en la resolución del problema. Finalmente, las implicaciones para la enseñanza de la robótica educativa con plataformas como Spike Essential son evidentes. La integración de la IAG debe ser intencionada y pedagógicamente estructurada, presentándola como una herramienta de planificación más que como una solución automática. El rol del educador evoluciona de ser un proveedor de respuestas a convertirse en un facilitador del diálogo crítico entre el estudiante y la IA. El éxito de esta colaboración no depende de la complejidad de la IA, sino de la claridad del marco pedagógico que la respalda, uno que priorice el desarrollo del pensamiento estructurado sobre simplemente completar la tarea.

Durante las sesiones, se observaron situaciones que ilustran de manera concreta el efecto de la IAG sobre el aprendizaje. Por ejemplo, un grupo de estudiantes logró reorganizar su algoritmo tras dialogar con la IA sobre la secuencia óptima de movimientos del robot, logrando reducir los errores de ejecución en un 60 %. En contraste, algunos participantes que no utilizaron la herramienta mantuvieron patrones de ensayo y error prolongados. Este tipo de observaciones cualitativas refuerzan el carácter empírico de los hallazgos y muestran cómo la mediación inteligente favorece la autorregulación y la anticipación en la resolución de problemas.

El descubrimiento más relevante de este estudio es definir la IAG como un catalizador destacado en la promoción de la descomposición, un componente esencial del pensamiento computacional. La investigación demuestra que la IA ayuda a hacer visible y gestionable este proceso cognitivo, que suele ser abstracto y desafiante para los alumnos de primaria. Al interactuar con el asistente, los niños no solo obtienen respuestas, sino que participan en un diálogo que los impulsa a dividir un problema complejo en una serie de subtarefas lógicas y alcanzables. La IA actúa, en realidad, como un espejo metacognitivo que les permite organizar y estructurar su pensamiento propio.

El impacto cognitivo de la IAG trasciende la descomposición para abarcar habilidades metacognitivas más amplias. Los estudiantes del grupo experimental no solo crearon mejores planes, sino que también demostraron una mayor conciencia de su propio proceso de aprendizaje. Aprendieron a planificar, monitorear y evaluar sus estrategias de una manera más deliberada. Al reducir la carga cognitiva inicial y la ansiedad asociada a no saber por dónde empezar, la IA libera recursos mentales que los estudiantes pueden dedicar a la reflexión y al pensamiento de orden superior, fomentando una mayor flexibilidad y resiliencia frente a la complejidad.

Se concluye que la incorporación temprana de la IAG como herramienta para dividir problemas tiene un gran potencial para el desarrollo cognitivo a largo plazo. Al adoptar este método estructurado para abordar desafíos, los estudiantes no solo aprenden una técnica de programación, sino que también adquieren un marco mental transferible a cualquier disciplina académica y a desafíos cotidianos. La práctica constante de descomponer problemas complejos en partes manejables

puede fomentar una mentalidad más analítica y sistemática, preparando a los niños con una de las habilidades más valiosas del siglo XXI: saber enfrentar la incertidumbre con un plan.

Una de las conclusiones más prometedoras es la necesidad de explorar la aplicación de este modelo pedagógico más allá de la robótica. El uso de la IAG como un socio socrático para la descomposición es una metodología potencialmente transferible a otras áreas del currículo que demandan pensamiento estructurado, como la escritura de ensayos, la resolución de problemas matemáticos complejos o la planificación de proyectos científicos. Futuras investigaciones deberían adaptar y evaluar este enfoque en distintos dominios del conocimiento, investigando cómo diferentes disciplinas pueden beneficiarse de una herramienta que andamia el proceso de planificación y estructuración de ideas.

Este trabajo revela áreas aún inexploradas identificadas en la revisión de la literatura. Existe una brecha significativa en la integración de la IAG con enfoques STEAM, donde la IA podría ser utilizada para diseñar proyectos que combinen creatividad artística con lógica de programación. Otra línea de investigación es la enseñanza colaborativa, explorando cómo equipos de estudiantes interactúan con un asistente de IA como un integrante más del equipo para codiseñar soluciones. Es fundamental profundizar en el diseño de estrategias pedagógicas que enseñen de manera explícita el uso ético y crítico de la IAG, abordando dilemas como la autoría y la dependencia cognitiva.

Este estudio, además de ofrecer conclusiones sobre una intervención específica, propone una nueva agenda de investigación centrada en la sinergia entre cognición humana e inteligencia artificial en contextos educativos. La pregunta ya no es si la IAG debe incorporarse en el aula, sino cómo diseñar interacciones que fomenten el pensamiento crítico, la creatividad y la autonomía. El camino a seguir requiere un esfuerzo interdisciplinario para desarrollar marcos didácticos que preparen a los estudiantes no solo para utilizar la tecnología, sino para pensar y crear junto a ella, sentando las bases para una auténtica colaboración humano-máquina en la educación del siglo XXI.

La integración de la IAG en contextos de robótica educativa demostró ser una estrategia pedagógica prometedora, aunque no exenta de desafíos. Los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos permiten afirmar que su efectividad depende tanto del acompañamiento docente como del nivel de alfabetización digital de los estudiantes. De esta forma, la investigación no solo aporta evidencia sobre los beneficios cognitivos de la IAG, sino también sobre la necesidad de diseñar entornos formativos que equilibren la interacción humano-máquina con procesos reflexivos y éticos, consolidando un aprendizaje verdaderamente significativo y sostenible.

## Referencias

- Alqarni, A. S. (2025). *Network dynamics and the impact of gamification on computational thinking skills in programming education*. *Journal of Educational Computing Research*, 63(5), 1186–1204. <https://doi.org/10.1177/07356331251337628>
- Bers, M. U. (2020). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003022602>
- Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 47(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Gu, P., Wu, J., Cheng, Z., Xia, Y., & Cheng, M. (2025). *Scaffolding self-regulation in project-based programming learning through intelligent feedback systems*. *Education and Information Technologies*, 30(12), 16243–16261. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13367-1>
- Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>

- Kotsopoulos, D., Floyd, L.A., Khan, S., Namukasa, I.K., Somanath, S., Weber, J.K., & Yiu, C.K. (2017). A Pedagogical Framework for Computational Thinking. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3, 154 - 171.
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4), 1-15. <https://doi.org/10.1145/1868358.1868363>
- Moreno, Palma, N., Berral ,Ortiz, B., Fernández, Fernández, C. R., & Victoria Maldonado, J. J. (2025). Pensamiento Computacional en la Educación Básica a través de la Robótica Educativa: Una Revisión Sistemática. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1–20. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1099>
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A., y Garro-Aburto, L. L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos Y Representaciones*, 7(2), 536–568. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- Papert, S., & Harel, I. (Eds.). (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Simons, H. (2011). *El estudio de caso: Teoría y práctica*. Morata.
- Sunday, A. O., Agbo, F. J., Suhonen, J., & Jormanainen, I. (2025). Co-designing to develop computational thinking and coding skills in African K-12 education through AI-assisted learning environments. *Education and Information Technologies*, 30(11), 14925–14944. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13386-y>
- Sweller, J. (2011). *Cognitive load theory*. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- UNESCO. (2022). *Computational thinking in schools: A framework for action*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383341>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Zhang, L., Jiang, Q., Xiong, W., & Zhao, W. (2025). Effects of ChatGPT-based human–computer dialogue on students’ computational thinking and learning motivation in programming education. *Journal of Educational Computing Research*, 63(4), 988–1006. <https://doi.org/10.1177/07356331251333874>
- Zhao, G., Yang, L., Hu, B., & Wang, J. (2025). A generative artificial intelligence (AI)-based collaborative approach to programming education: Human–computer partnership for learning. *Journal of Educational Computing Research*, 63(5), 1059–1078. <https://doi.org/10.1177/07356331251336154>