

TRIPLE BRECHA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN COLOMBIA: ESTUDIO DE CASO DEL HUILA.

TRIPLE GAP IN THE IMPLEMENTATION OF COMPUTATIONAL THINKING IN COLOMBIA: A CASE STUDY OF HUILA

Artículo de Investigación

Jaime Nicolás Repizo Ramón

Estudiante Ingeniería de Sistemas, cuarto semestre
Corporación Unificada Nacional de Educación Superior (CUN)
Integrante del grupo de investigación InnovaTech
<https://orcid.org/0009-0001-8319-7691>
jaime.repizo@cun.edu.co

Mg. Mariano Esteban Romero Torres

Profesor encargado, asignatura Prácticas Profesionales
Corporación Unificada Nacional de Educación Superior (CUN)
Integrante del grupo de investigación InnovaTech
<https://orcid.org/0000-0001-8211-5132>
mariano_romero@cun.edu.co

Resumen: Esta investigación analiza la triple brecha estructural infraestructura tecnológica, formación docente y conectividad que obstaculiza la implementación del Pensamiento Computacional (PC) en Colombia, tomando el departamento del Huila como caso de estudio. Mediante una metodología mixta que incluye revisión sistemática internacional, análisis de datos oficiales y un análisis de ciclo de vida (LCA) preliminar, se demuestra cómo estas brechas se retroalimentan, generando un ciclo de exclusión digital agudizado en zonas rurales. Los resultados confirman una disparidad crítica en el acceso a hardware (solo el 16,3% de los hogares rurales posee computador), un déficit masivo de docentes capacitados y una conectividad insuficiente y desigual. Como respuesta, se propone un marco integral que articula la economía circular aprovechando el reacondicionamiento de residuos electrónicos con programas masivos de capacitación docente y estrategias diferenciadas de conectividad. Se concluye que la viabilidad del PC depende menos de su validación pedagógica, ya demostrada, que de una articulación política, técnica y ambiental que enfrente estas brechas de manera sistémica y sostenible.

Palabras clave: Pensamiento Computacional (PC), Brechas digitales, Educación rural, Economía circular, Colombia-Huila.

Abstract

This research analyzes the triple structural gap technological infrastructure, teacher training, and connectivity that hinders the implementation of Computational Thinking (CT) in Colombia, using the department of Huila as a case study. Through a mixed methodology including a systematic international review, analysis of official data, and a preliminary Life Cycle Assessment (LCA), it is demonstrated how these gaps reinforce each other, generating a cycle of digital exclusion that intensifies in rural areas. The results confirm a critical disparity in hardware access (only 16.3% of rural households own a computer), a massive deficit of trained teachers, and insufficient and unequal connectivity. In response, an integrated framework is proposed, articulating the circular economy leveraging the refurbishment of electronic waste

with large-scale teacher training programs and differentiated connectivity strategies. It is concluded that the viability of CT depends less on its pedagogical validation, already proven, than on a political, technical, and environmental articulation that addresses these gaps in a systemic and sustainable manner.

Keywords: Computational Thinking, Digital divide, Rural education, Circular Economy, Colombia-Huila.

Introducción

El Pensamiento Computacional (PC) se ha consolidado como una competencia fundamental para la educación del siglo XXI, equiparable a la lectura o las matemáticas en su capacidad para desarrollar habilidades de resolución lógica de problemas y comprensión del mundo digital (Wing J. M., 2008). Su dominio es un catalizador para la innovación, la empleabilidad y la ciudadanía activa en sociedades cada vez más mediadas por la tecnología.

En Colombia, sin embargo, la implementación efectiva del PC en el sistema educativo público se enfrenta a un escenario de profundas contradicciones. Por un lado, el país avanza en su posicionamiento como hub regional de tecnología; por otro, sus aulas evidencian limitaciones estructurales que hacen inviable la enseñanza masiva de esta competencia. Estas limitaciones pueden sintetizarse en tres brechas críticas e interconectadas:

1. La falta masiva de docentes capacitados.
2. La escasez de equipos tecnológicos en escuelas y hogares.
3. La deficiente conectividad a internet, especialmente en zonas rurales.

La evidencia demuestra que metodologías como Scratch han probado ser efectivas en contextos controlados, confirmando que el diseño pedagógico del PC es viable a escala local (García Rodríguez, 2022). No obstante, su implementación masiva se ve impedida por la inestabilidad del terreno educativo nacional, caracterizado por brechas de infraestructura, acceso y formación docente, y por la ausencia de políticas que reconozcan en los residuos tecnológicos una oportunidad para obtener recursos educativos valiosos, además de lo que aseguran (Sofonías, Torres, & Salazar, 2025) “Al afirmar que desarrollar habilidades de PC entre los maestros de escuela primaria es crucial para preparar a los estudiantes para las demandas del siglo XXI e insiste en la necesidad de incluir en el currículo esta temática”.

El departamento del Huila constituye un caso emblemático donde estas brechas no solo se replican, sino que se intensifican, ofreciendo una radiografía detallada de los desafíos nacionales. Frente a este panorama, emerge con fuerza la paradoja de los residuos electrónicos: mientras el sistema educativo carece de recursos tecnológicos básicos, se desechan volúmenes significativos de equipos con potencial de reutilización (GEM, 2024).

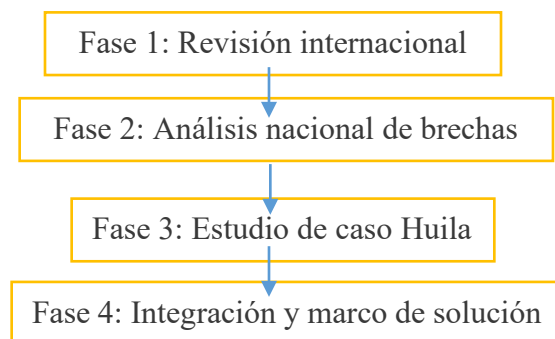
Esta investigación analiza dicha problemática desde una perspectiva integral. Su propósito es examinar el efecto de esta triple brecha en la viabilidad del PC, con el Huila como referente regional, y establecer lineamientos estratégicos que propongan la economía circular y el reacondicionamiento de equipos como ejes de una solución innovadora y sostenible, transformando un pasivo ambiental en un activo educativo para un futuro digital más inclusivo.

Metodología

Diseño metodológico mixto y fases secuenciales con propósito y función de diseñar tres fases que integren revisión internacional, análisis nacional y estudio regional, garantizando triangulación metodológica y coherencia entre niveles de análisis; estructurando el flujo investigativo desde marco comparativo hasta estudio de caso, facilitando vinculación en una cuarta fase entre evidencia y propuesta de solución que

combina métodos cualitativos y cuantitativos para capturar dimensiones estructurales, técnicas y ambientales de la problemática.

Diagrama 1: Flujo de fases



Fuente: Elaboración propia.

Fase 1: Revisión sistemática del panorama internacional y marcos de referencia

Propósito y función:

- Identificar tendencias, políticas y estándares internacionales relevantes para la implementación del Pensamiento Computacional (PC).
- Extraer indicadores de infraestructura, formación docente y modelos de sostenibilidad para comparación internacional.
- Construir marco comparativo y Tabla 1 como base normativa y de referencia.

Fuentes y criterios de búsqueda:

- Documentos OCDE, UNESCO, UIT; repositorios Scopus, Web of Science, Google Scholar; reportes de países líderes.
- Publicaciones 2008-2025 en español e inglés con términos clave como "computational thinking" y "digital divide".
- Selección final: 45 documentos, extracción de estrategias, indicadores y modelos aplicables.

Resultados y productos:

- Tabla 1 con marcos de referencia y estándares internacionales.
- Insumos para evaluar relaciones entre políticas y programas nacionales.
- Identificación de mejores prácticas y teorías fundacionales pertinentes al diseño local.

Fase 2: Brechas y su caracterización nacional:

Caracterizar brechas estructurales en Colombia mediante datos oficiales y literatura nacional comparando estándares internacionales con la realidad nacional para identificar déficits críticos; generando las Tablas 2 y 3 y gráficos de desempeño que sintetizan hallazgos cuantitativos.

Fuentes de construcción de indicadores:

- Bases DANE (ECV 2020-2024, logística 2023), Ministerio de Educación, ICFES (SABER, PISA).
- Literatura: British Council, Ministerio Ambiente, tesis y estudios como García Rodríguez (2022).

- Indicadores: i. Acceso a computador/internet por zona, ii. Relación estudiante/computador, iii. Déficit docente, iv). Desempeño en matemáticas, v. Gestión de residuos electrónicos.

Que nos permite hacer un análisis comparativo entre estándares internacionales y datos nacionales para cuantificar brechas. Producción de Tablas 2 y 3, además de gráficos que evidencian la magnitud de la triple brecha.

Fase 3: Estudio de caso regional:

- Profundizar en la manifestación de las brechas en el Huila y evaluar la viabilidad de soluciones de economía circular.
- Realizar un LCA preliminar sobre flujos de material de equipos electrónicos para estimar el potencial de reacondicionamiento.
- Triangular hallazgos con fases 1 y 2 para diseñar marco de solución integral.

Fuentes específicas y herramientas analíticas:

- Datos desagregados DANE (Huila), informes regionales CNP , Diario del Huila, GEM y UNITAR.
- Análisis de brechas (regional vs nacional, urbano vs rural) y LCA preliminar usando logística DANE y tasas de recolección.
- Productos: Tabla A.1, simulaciones de flujos, estimaciones de impacto ambiental-económico preliminares.

Limitaciones y consideraciones:

- Disponibilidad limitada de datos desagregados y actualizados para Huila.
- LCA es preliminar; requiere estudio técnico específico para cuantificaciones precisas.
- Falta de metodologías cualitativas para explorar percepciones docentes limita la comprensión de prácticas.

Fase 4: Integración, síntesis y diseño del marco de solución integral

- Sistematizar y triangular los hallazgos de las tres fases anteriores para construir una propuesta coherente y fundamentada.
- Articular explícitamente las dimensiones identificadas (infraestructura, formación docente, conectividad) con la oportunidad de la economía circular.
- Diseñar un marco estratégico integral que responda de manera sinérgica a la triple brecha, utilizando exclusivamente los datos y análisis generados en las fases previas.

Fuentes y herramientas analíticas:

- Triangulación de datos e integraciones matriciales de los hallazgos cuantitativos (Tablas 2, 3, A.1) y cualitativos (revisión internacional, literatura nacional) para identificar puntos de apalancamiento críticos.
- Análisis de viabilidad conceptual en la evaluación lógica de la propuesta de reacondicionamiento cruzando los datos de disponibilidad potencial de residuos electrónicos (GEM, 2024), (MinAmbiente, 2017) con los déficits cuantificados de hardware en escuelas rurales.

Resultados y productos:

- Marco estratégico integral diseñando un diagrama o matriz síntesis que visualice la interconexión entre las tres brechas y las tres líneas de acción propuestas (formación masiva, reacondicionamiento, conectividad híbrida), destacando la economía circular como eje articulador.

- Documento de lineamientos de política en una síntesis ejecutiva dirigida a tomadores de decisión, que traduzca los hallazgos de la investigación en recomendaciones concretas, basadas en la evidencia recopilada.

Limitaciones y consideraciones:

- Esta fase es de síntesis y diseño conceptual, no incluye validación empírica con actores externos, lo cual se sugiere como investigación futura cuando las condiciones para aplicar el PC sean mejores, ya que está demostrado que funciona tanto nacional como internacionalmente.
- Las propuestas de solución se derivan de la interpretación de datos existentes y la literatura revisada, por lo que su efectividad práctica requiere futuros pilotos.
- El marco resultante está contextualizado al caso Huila/Colombia, con base en los datos analizados, y puede requerir adaptaciones para su replicación en otros contextos.

Integración con las fases anteriores:

Esta fase no genera datos nuevos, sino que estructura y da forma aplicada a todo lo encontrado. Concretamente:

- Toma el marco comparativo internacional (Fase 1) para justificar los estándares deseados.
- Utiliza el diagnóstico cuantitativo nacional (Fase 2) para dimensionar la magnitud del problema y priorizar acciones.
- Aprovecha el análisis regional y el LCA preliminar (Fase 3) para groundear las soluciones en las posibilidades reales del territorio.
- Su producto final es el marco de solución integral presentado en la sección de Discusión, pero ahora explicitando su proceso de construcción metodológica.

Ahora podemos concluir o justificar que el Pensamiento Computacional (PC) ha sido reconocido globalmente como una competencia fundamental para el desarrollo del capital humano del siglo XXI, esencial para que los estudiantes puedan desenvolverse en un mundo complejo e interconectado. Como lo refleja (Wing J. M., 2008), hay que entender al PC como una "actitud y conjunto de habilidades universalmente aplicables", trascendiendo el ámbito técnico para convertirse en una herramienta cognitiva transversal. Esta visión se ha consolidado en marcos internacionales como el de la OCDE, que la incluye entre las competencias clave para 2030 (OECD, 2019).

El impacto positivo del PC se materializa en múltiples dimensiones. A nivel educativo, metodologías basadas en él, como la programación con Scratch, no solo introducen conceptos técnicos, sino que fomentan la creatividad, la colaboración y una comprensión más profunda de los procesos lógicos, transformando a los estudiantes de consumidores pasivos en creadores activos de tecnología (Paperts, 1980). A nivel socioeconómico, el PC es el cimiento de la industria digital.

Un uso mayor de tecnología define que las habilidades demandadas crecerán y, por lo tanto, el cambio del ámbito laboral también lo hará. La habilidad que encabeza el ranking es el pensamiento crítico-analítico, seguido por la creatividad, inteligencia artificial y big data, liderazgo, resiliencia, resolución de problemas, entre otras que enriquecen y fortalecen el desempeño laboral actual. (Reyes, Cajero, Ramírez, & Armenta, 2025).

Dominarlo es requisito para acceder a empleos de calidad en el sector TIC, que en Colombia se proyecta como motor de crecimiento con la generación de cientos de miles de empleos. Como señala (Editorialge, 2025): "Con inversiones de USD 154,800 millones proyectadas hasta 2027, el país combina talento, políticas audaces y ecosistemas innovadores. Para 2030, se espera que el sector genere 500,000 empleos directos, consolidando a Colombia como el Silicon Valley latinoamericano".

Sin embargo, Colombia enfrenta una paradoja preocupante entre su desarrollo tecnológico y su realidad educativa. Mientras el país se consolida como líder latinoamericano en producción y exportación de software, nuestro sistema educativo enfrenta graves limitaciones estructurales que impiden la implementación masiva del PC. Esto debido a brechas profundas en infraestructura tecnológica, acceso a conectividad, formación docente especializada y bajos niveles en competencias lógico-matemáticas; "amenazan con perpetuar la exclusión digital y limitar la competitividad futura de las nuevas generaciones" (García Rodríguez, 2022). Esta situación se agravó durante la pandemia, cuando la educación virtual evidenció las profundas desigualdades en acceso a tecnología y conectividad, especialmente en zonas rurales (Ligarretto, 2020).

Investigaciones nacionales demuestran que metodologías como Scratch son efectivas en contextos locales, pero su escalabilidad se ve frustrada por la falta de políticas educativas integrales y una inversión sostenida en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI). Esta desconexión entre el potencial económico del sector tecnológico y las capacidades formativas del sistema educativo representa una contradicción crítica para el desarrollo nacional.

Por ello, es urgente analizar esta problemática de forma integral para proponer estrategias viables que permitan cerrar estas brechas y alinear el potencial económico del país con las capacidades de su población estudiantil, particularmente en regiones como el Huila donde las limitaciones se agudizan y las oportunidades de innovación social (como el reacondicionamiento de equipos desde un enfoque de economía circular) podrían ofrecer soluciones concretas y sostenibles para democratizar el acceso al PC y, con él, a un futuro más equitativo.

Resultados y Discusión

Panorama internacional.

La educación del siglo XXI enfrenta el desafío de preparar a los estudiantes para un mundo complejo e interconectado, donde el Pensamiento Computacional (PC) ha emergido como una competencia fundamental. Este concepto, que trasciende el ámbito exclusivo de la informática, fue conceptualizado por (Wing J. M., 2008), no como un dominio técnico especializado, sino como "una actitud y conjunto de habilidades universalmente aplicables que todos, no solo los informáticos, estarían ansiosos por aprender y usar". (Wing J. M., 2011) Argumentó posteriormente que el PC debe sumarse a la lectura, la escritura y la aritmética como habilidades analíticas esenciales para cada niño.

Esta visión fue posteriormente legitimada a escala global cuando la (OECD, 2019) incluyó al PC como competencia clave en su marco "Brújula del Aprendizaje 2030", reconociéndolo como un pilar para que los estudiantes prosperen y alcancen el bienestar individual y colectivo. El desarrollo del PC fortalece capacidades cognitivas superiores como la abstracción, la descomposición algorítmica, el pensamiento iterativo y la generalización de patrones, habilidades transferibles a múltiples contextos y disciplinas, equiparándolo en importancia a la lectoescritura y las matemáticas, que confirman las ideas de (Paperts, 1980), quien introdujo la idea de que los niños desarrollan pensamientos procedurales mediante la programación LOGO

La programación en educación superior no se trata solo de escribir códigos, se busca analizar determinadas situaciones, identificar sus componentes, modelar los datos y procesos, y crear un programa. Es una tarea compleja que exige la participación de equipos de profesionales. En educación, la programación se puede usar como herramienta de modelado para crear conocimiento

y resolver problemas. Por ello, la programación debe considerarse como una estrategia pedagógica que orienta al estudiante a un proceso de co-creación (Valencia & Rivero, 2019).

El compromiso internacional con esta competencia se materializa en políticas concretas. Según Engelhardt y Balanskat (2015), para ese año, "16 de 21 países europeos encuestados ya habían integrado formalmente la programación en sus currículos de educación básica y media (K-12)" (tabla 1). Este movimiento no solo responde a una necesidad educativa, sino también a una demanda económica crítica: teniendo en cuenta lo expuesto por Pea y Grover (2013), existe una escasez global de profesionales en ciencias de la computación, con proyecciones para Estados Unidos que anticipaban un déficit de un millón de profesionales en un lapso de diez años; como ejemplo concreto de implementación, se observan en iniciativas como la descrita: "El Reino Unido posee una red de voluntarios que comparten sus conocimientos informáticos con estudiantes de nueve a once años llamada Code Club, consideran importante desarrollar desde niños la creatividad, pensamiento lógico y solución de problemas" (Avilés, Balladares, & Pérez, 2016).

Tabla 1: Implementación del pensamiento computacional en países líderes.

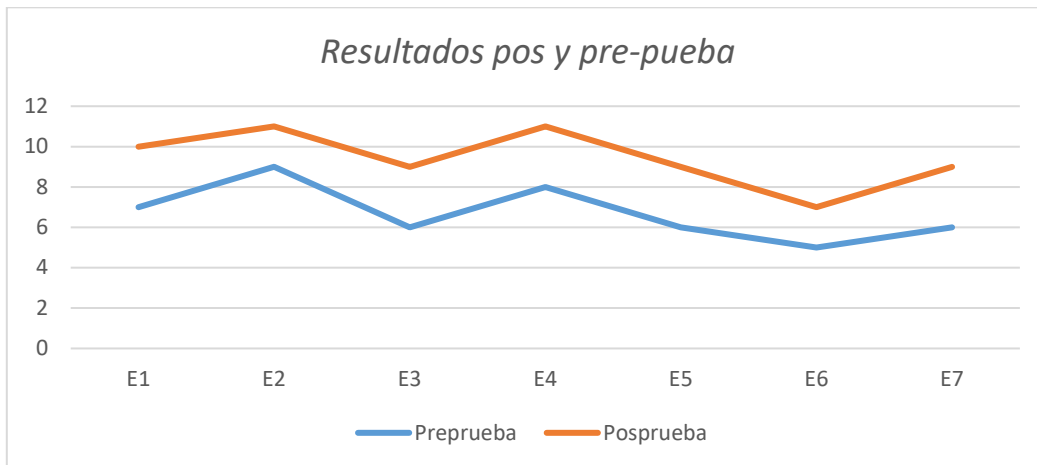
País	Nivel de implementación	Estrategia principal	Año de implementación
Reino Unido	Obligatorio en primaria y secundaria	Asignatura específica ("Computing")	2014
Estonia	Integral en todos los niveles	Programa "ProgeTiger"	2012
Finlandia	Transversal en múltiples materias	Integración curricular horizontal	2015
Estados Unidos	Expansión acelerada	Iniciativa CS10K (10.000 profesores)	2012-2015
Israel	Todos los niveles educativos	Enfoque en ciencias de la computación	2010

Fuente: Elaboración propia en base a la recolección de datos.

Panorama Nacional.

A pesar de estas adversidades estructurales, investigaciones empíricas nacionales demuestran que la enseñanza del PC puede ser altamente efectiva en contextos colombianos cuando se implementa adecuadamente. El estudio de (García Rodríguez, 2022) en Cundinamarca documentó que una intervención con Scratch elevó el promedio de competencias en PC de 7.63 a 13.63 puntos, con significancia estadística confirmada ($t = 13.45$, $P = 7.82E-11$). Además, se registró una alta aceptación estudiantil, donde el 85% consideró a Scratch pertinente y el 74% manifestó interés en profundizar su uso, como podemos ver en la gráfica 1.

Gráfico 1: Resultados pos y pre-pueba.

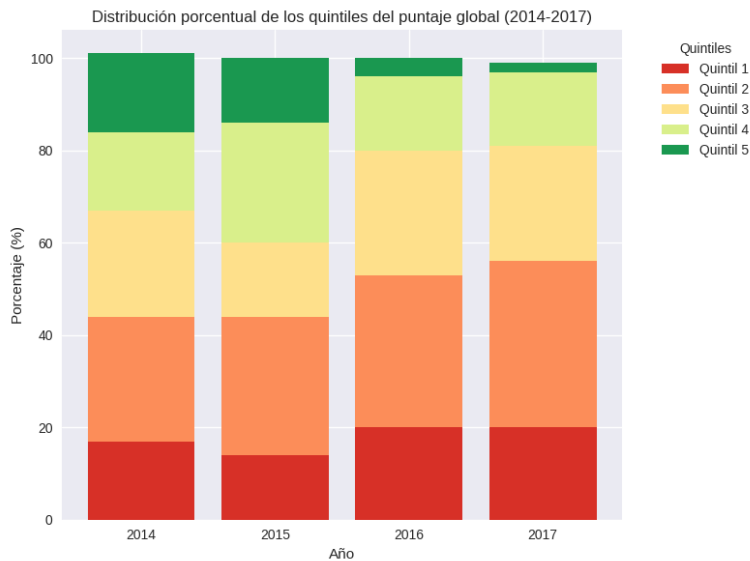


Fuente: Enseñanza de la programación a través de Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional en educación básica secundaria. (Garcia Rodriguez, 2022).

Para verificar el incremento en el nivel del pc en ambos grupos, fueron comparados los resultados de la posprueba con los de la preprueba, llevando a cabo una prueba t y una prueba de homocedasticidad en cada uno de ellos. De acuerdo con los resultados del grupo experimento, los cuales se observan en la figura 6 (acá es el Gráfico 1), se demuestra que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de la posprueba frente a los resultados de la preprueba. (García Rodríguez, A, 2022)

No obstante, estos éxitos locales dependen críticamente de condiciones básicas de infraestructura y formación docente que no existen a escala nacional. El sistema enfrenta un déficit en la base lógico-matemática necesaria para el PC: Colombia ocupa la posición 69 en Matemáticas PISA 2018, con un 88% de estudiantes de noveno grado en niveles "mínimo" o "insuficiente". Esta deficiencia es la base sobre la cual debería construirse el Pensamiento Computacional, brecha que no se ha mermado, incluso estaríamos en algo como un estancamiento, ya que para el 2022 estamos en el mismo puesto. Los resultados de PISA 2022 confirman esta tendencia: Colombia se mantiene en niveles bajos en matemáticas, lectura y ciencias, lo que refleja una base insuficiente para el desarrollo del PC (El Colombiano, 2023). A nivel global, la preocupación por el bajo desempeño en matemáticas sigue vigente, afectando la capacidad de los jóvenes para desenvolverse en un mundo digital (Deia, 2025).

Distribución por quintil: Niveles de desempeño en el área de matemáticas obtenidos por el grado once en el cuatrienio.



Fuente: Enseñanza de la programación a través de Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional en educación básica secundaria. (García Rodríguez, 2022).

De acuerdo con lo anterior, surgió la propuesta de investigación, la cual se direccionó a partir de la pregunta: ¿la implementación de una estrategia educativa mediada por la herramienta Scratch facilitará el desarrollo del pc a través de la enseñanza de la programación en los estudiantes del grado séptimo de la educación básica secundaria de la ied Integrada de Cabrera del municipio de Cabrera, Cundinamarca, Colombia? De hecho, la propuesta se plantea debido al interés y necesidad de promover el pc desde el aula, a través de la enseñanza de la programación, en aras de fortalecer las habilidades de los estudiantes para las diferentes áreas del conocimiento y la vida en sí. El anterior planteamiento obedece a que, como se analizó, el estudio del pc permite el fortalecimiento tanto de competencias en herramientas y principios computacionales como de competencias transversales que pueden tener relevancia en el desempeño académico del estudiante en las diferentes áreas del conocimiento (García Rodríguez, 2022)

La paradoja es evidente: mientras la evidencia local demuestra que metodologías como Scratch son efectivas, las brechas estructurales impiden su implementación masiva. La relación de 6 estudiantes por computador en el sector oficial y la dependencia del celular (73.5% en niños de 5 a 11 años) como herramienta educativa principal, un dispositivo limitado para programación, perpetúan un ciclo de exclusión. Esta brecha se agudiza en zonas rurales, donde solo el 17% de los estudiantes tiene acceso a internet y computador en sus hogares (Chacón, 2020).

Sumado a esto, se logró establecer que sí existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados del grupo control, el cual desarrolló la temática de una manera tradicional, y el grupo experimento, que la implementó a través de la herramienta tecnológica Scratch. Esta diferencia se soporta en los resultados obtenidos, primero en la posprueba en donde, comparadas sus medias, se observa que el grupo experimento tiene un promedio de respuestas correctas de 13.63 y está 4 puntos por encima del promedio del grupo control, el cual es de 9. Además, se confirma tanto con el resultado de la prueba t efectuada entre el grupo experimento y el grupo control, la cual arrojó $P = 3,3772 \cdot 10^{-6}$, como con el resultado de la prueba f, cuyo resultado fue de $P = 0.002024399$, ambos valores muy por debajo al porcentaje de riesgo de 5 %, con lo cual se demostró la heterogeneidad de las muestras. (García Rodríguez, 2022).

El análisis integral revela que Colombia enfrenta una triple brecha estructural que obstaculiza la implementación del Pensamiento Computacional (PC) en su sistema educativo. Estas brechas no operan de manera aislada, sino que se refuerzan mutuamente, creando un círculo vicioso de exclusión digital y limitando el desarrollo de una competencia clave para el siglo XXI.

1. Brecha de infraestructura tecnológica y acceso:

- Como se aprecia en la Tabla 2, solo el 16.3% de los hogares rurales cuenta con computador, contrastando con el 46.3% en zonas urbanas (DANE, elaboración propia). Esta disparidad convierte la práctica del PC fuera del aula en un privilegio geográfico. En las instituciones públicas, la relación oficial es de una cifra que hace inviable el aprendizaje práctico y continuo, muy lejos del estándar internacional de 1:1 necesario para una inmersión efectiva. Esta brecha se mantiene en la actualidad, donde solo el 17% de los estudiantes rurales tiene acceso tanto a internet como a computador en sus hogares (Chacón, 2020).
- El acceso a internet presenta disparidades críticas: 42.5% en el Huila (2020) versus 66.6% en cabeceras nacionales (DANE, 2021). Datos más recientes indican que solo el 51,5% de los huilenses tiene acceso a internet, evidenciando una mejora leve pero insuficiente (Rojas, 2020).
- Existe una dependencia preocupante del celular como herramienta educativa principal (73.5% en niños de 5-11 años) (DANE, 2025), dispositivo limitado para el desarrollo de programación. Si bien democratiza el acceso a contenidos, su pantalla reducida, la dificultad para tareas de programación compleja y el alto costo de los datos lo convierten en un sustituto imperfecto que no fomenta la creación digital profunda que requiere el PC.
- “llegar a las comunidades rurales más marginadas, donde muchas escuelas carecen de Internet, computadoras o incluso electricidad en algunos casos. El equipo desarrolló Biobots, un juego de codificación analógica que enseña conceptos computacionales fundamentales sin dispositivos digitales” (BRITISHCOUNCIL, 2023).

Tabla 2: Brechas de infraestructura tecnológica en Colombia.

Indicador	Zonas Urbanas	Zonas Rurales	Brecha (pp)	Estándar Internacional
Acceso a computador en hogares (%)	46.3%	16.3%	30.0	>80%
Relación estudiante/computador (sector oficial)	6:1	6:1	—	1:1
Uso principal de celular (5-11 años)	65.2%	73.5%	8.3	<20%
Hogares sin internet por costo (%)	33.5%	50.1%	16.6	<10%
Tasa estimada de reacondicionamiento viable	40-60%	30-50%	—	>70% (UE)

Fuente: Elaboración propia, datos del DANE y proyecciones de viabilidad técnica basada en GEM 2024.

2. Brecha de formación docente especializada:

- Se evidencia un déficit crítico de educadores capacitados en PC, con aproximadamente 35.000 formados frente a una necesidad estimada de 400.000 a 500.000 docentes. Este déficit, de entre 365,000 y 465,000 profesionales, representa el cuello de botella más crítico, ya que, sin docentes formados, cualquier dotación tecnológica resulta infructuosa como se analiza en la Tabla 3.
- La falta de programas sistemáticos de capacitación y actualización impide la escalabilidad de metodologías exitosas. Esto condena al PC a permanecer como un proyecto piloto aislado, sin integrarse al currículo nacional de manera transversal. La pandemia evidenció que muchos docentes no estaban preparados para la transición a la virtualidad, lo que exacerbó las desigualdades educativas (Ligarretto, 2020).

“Colombia Programa propone consolidar 420 nodos de pensamiento computacional y capacitar a 4.200 docentes mediante talleres y mentorías. También se validarán guías pedagógicas para estudiantes desde transición hasta grado once”, esto con el fin de “reducir la brecha educativa y garantizar oportunidades equitativas en todas las comunidades del país”. (BRITISHCOUNCIL, 2024)

Tabla 3: Análisis comparativo internacional de dimensiones críticas.

Dimensión	Estándar internacional	Realidad colombiana	Brecha	Impacto
Infraestructura	Relación 1:1 estudiante/computador	Relación 6:1; 16.3% acceso rural	Masiva	Exclusión del 83.7% de hogares rurales
Formación docente	Programas sistemáticos (CS10K)	35.000 formados vs 400.000 a 500.000 necesarios	Crítica	Incapacidad de escalamiento
Inversión en CTI	>2.0% PIB (promedio OCDE)	0.3% PIB	Estructural	Financiamiento insuficiente
Resultados de aprendizaje	Posiciones top 30 en PISA	Posición 69 en Matemáticas	Significativa	Base insuficiente para PC

Fuente: Elaboración propia en base a la recolección de datos.

3. Brecha de acceso y calidad en conectividad.

- La conectividad presenta una fractura digital territorial. La brecha no es solo de acceso, sino de calidad; la conectividad rural es a menudo deficiente, intermitente y costosa, con una brecha de uso individual de 34,9 puntos porcentuales entre zonas urbanas y rurales (DANE, 2021). Sin una conexión estable y asequible, se anula la posibilidad de utilizar recursos en la nube, trabajar de forma colaborativa o acceder a plataformas educativas en línea, fundamentales para el PC.

Brecha cognitiva y de competencias básicas.

- Colombia ocupa la posición 69 en Matemáticas PISA 2018, con el 88% de estudiantes en niveles "mínimo" o "insuficiente". Los resultados de PISA 2022 confirman que Colombia sigue teniendo

un rendimiento bajo en matemáticas, lo que representa una base frágil para el desarrollo del pensamiento algorítmico requerido por el PC (Casas & Giraldo, 2023).

- Esta deficiencia en pensamiento lógico-matemático constituye una base frágil para el desarrollo del pensamiento algorítmico requerido por el PC. A nivel global, se reconoce que el bajo desempeño en matemáticas limita las oportunidades de los jóvenes en la economía digital (deia, 2025).

“recibir una formación de calidad que fomente el pensamiento crítico y reflexivo y el trabajo en equipo, reduciendo a la vez las brechas digitales y las desigualdades sociales” (Jiménez & Carmona, 2025).

Discusión:

Paradoja ambiental-educativa.

- Mientras el sistema educativo carece de equipos tecnológicos, Colombia genera y descarta significativos volúmenes de residuos electrónicos (e-waste).

"Las Américas, por su parte, registran una generación per cápita de 14,1 kg, y una tasa de recogida y reciclaje formal es del 30%". Podemos entender que dado que estas ciudades no tienen grandes infraestructuras, pero “estos tres continentes presentan las tasas de recogida y reciclaje documentadas más elevadas”. (Romero, 2024).

- En 2022 se generaron globalmente 62 mil millones de kg de e-waste, con solo el 22,3% recolectado formalmente (GEM, 2024). Esta situación revela una gestión ineficiente del ciclo de vida de la tecnología.
- Los computadores representaron el 7,1% de las importaciones de aparatos eléctricos y electrónicos (2002-2012) (Ministerio del Ambiente, 2017), evidenciando un flujo constante de equipos que, al final de su vida útil en el sector empresarial o privado, tienen un alto potencial de reacondicionamiento para fines educativos, cerrando así la brecha de infraestructura de manera sostenible.

Tabla: Volumen de importaciones netas por subcategoría de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en el periodo 2002-2012.

Subcategoría	Importación en toneladas	Participación individual (%)	Participación acumulada (%)
Enseres mayores de hogar	283.488	13,50%	13,50%
Cables y conductores	222.752	10,60%	24,10%
COMPUTADORES Y EQUIPOS PARA TRATAMIENTO DE DATOS	148.177	7,10%	31,20%
Equipos de telecomunicaciones	127.150	6,10%	37,20%

Fuente: Ministerio de Ambiente (MinAmbiente, 2017).

Caso regional del Huila y la triple brecha intensificada.

El departamento del Huila sirve como un microcosmo revelador y un caso de estudio crítico de la confluencia y agudización de las tres brechas estructurales a escala regional.

- La cifra de que solo el 42.5% de los hogares huilenses tenía acceso a internet en 2020 (DANE, 2021) es un síntoma de una exclusión digital estructural. Esta brecha opera en múltiples niveles: geográfico, económico y educativo, al truncar cualquier estrategia pedagógica que dependa de

recursos en línea o trabajo autónomo en casa. Datos más recientes muestran que solo el 51,5% de los huilenses tiene acceso a internet, lo que indica una mejora moderada pero aún por debajo del promedio nacional (Rojas, 2020).

Tabla A.1: Brecha de acceso a TIC en hogares - Huila vs. Nacional.

Indicador (Hogares)	Huila (Total Departamental 2020)	Cabeceras Nacional (Urbano 2020)	Centros Poblados y Rural Disperso Nacional (Rural 2020)	Implicación para el PC
Acceso a Internet (%)	42.5%	66.6%	23.9%	El Huila estaba por debajo del promedio nacional (56.5%), mostrando una desventaja de partida. La programación requiere conectividad constante.
Acceso a Internet (%) (2024)	N/D (70.8% estimado para cabeceras)	72.5%	41.9%	Aunque la brecha nacional se reduce, persiste (30,6 pp). La conectividad rural sigue siendo deficiente.
Acceso a Computador (%) (2023)	N/D	46.3%	16.3%	Brecha crítica de 30 pp. Solo 1 de cada 6 hogares rurales tiene computador. Sin hardware, el PC es inaplicable.
Percepción de Pobreza (2024)	49.1%	33.2%	65.4%	La correlación entre pobreza y falta de acceso a TIC es evidente. La prioridad en hogares rurales no son los dispositivos digitales.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos DANE.

- El dato de que únicamente el 42,4 % de los jóvenes entre 17 y 21 años asiste a la educación formal en el Huila (CNP, 2022) es alarmante. Esta deserción temprana y masiva reduce drásticamente la base de población que podría beneficiarse de iniciativas de PC y perpetúa un ciclo de baja cualificación.
- Dentro del propio Huila, la disparidad entre la capital, Neiva, y sus zonas rurales es abismal. Mientras Neiva puede reflejar —aunque con rezago— los promedios urbanos, la ruralidad dispersa del departamento arrastra los promedios hacia abajo y concentra la exclusión.

Los datos del Huila no son una anomalía estadística, sino la manifestación concreta de una regla nacional: las brechas estructurales se profundizan en los territorios periféricos. Esta evidencia demuestra que las políticas públicas uniformes son insuficientes. La solución requiere un enfoque diferencial y territorial inteligente (Avilés, Balladares, & Pérez, 2016). Esto implica estrategias específicas por contexto, hardware y software adaptado, y formación docente itinerante y contextualizada. El Huila es, por tanto, un laboratorio esencial para diseñar las soluciones integrales que el país necesita.

Para romper el círculo vicioso descrito, no bastan iniciativas aisladas. Se requiere una estrategia tripartita, sistémica y sinérgica, donde la economía circular aplicada a la tecnología actúe como eje articulador y catalizador.

1. Contra la brecha de capital humano docente: un programa nacional de formación masiva y contextualizada.

El déficit de cientos de miles de docentes exige una intervención de escala nacional. Inspirado en modelos internacionales como la Iniciativa CS10K de Estados Unidos (Pea & Grover, 2013) se propone:

- Lanzar un "Programa Nacional de Formadores en Pensamiento Computacional".
- Diseñar rutas de formación modular y flexible, que incluyan tanto fundamentos del PC como pedagogía para su enseñanza con y sin conectividad.
- Establecer un sistema de incentivos y certificación oficial que reconozca esta competencia como parte del desarrollo profesional docente.

2. Contra la brecha de infraestructura tecnológica: un plan nacional de reacondicionamiento y economía circular.

Frente a la crítica brecha de infraestructura tecnológica, este estudio propone una mirada a las posibilidades de un Plan Nacional de Reacondicionamiento y Economía Circular que articula la gestión sostenible de residuos electrónicos con la dotación de equipos educativos. Esta propuesta se fundamenta en cuatro pilares metodológicos y operativos:

- La viabilidad ambiental del modelo se sustenta en estudios como el (GEM, 2024) y (UNITAR, 2024), que cuantifican los beneficios de la reutilización, como la extensión de la vida útil del producto y la reducción significativa de las emisiones asociadas a la fabricación de nuevos equipos. Para el caso del Huila, la logística de transporte se dimensionó utilizando los datos de distancias y costos de flete reportados por el DANE en su estudio de logística de carga (DANE, 2023), asegurando una proyección realista de los costos operativos.
- El modelo se alinea con los principios establecidos en la política de “Gestión nacional de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos” (MinAmbiente, 2017), que diagnostica el flujo de estos residuos en el país. Se adopta una jerarquía de gestión priorizando la reutilización (reacondicionamiento) sobre el reciclaje, principio fundamental de la economía circular respaldado por la literatura académica (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017) y por directrices internacionales de la ONU (PACE, 2019).
- Impacto social y capital humano: La mirada al plan propone vincular a estudiantes de últimos semestres de ingeniería y tecnología como practicantes en los centros de reacondicionamiento, generando un doble impacto: formación práctica especializada y escalabilidad de la mano de obra. Como señala (Romero, 2024) este modelo “no solo reduce la degradación medioambiental... sino que también desvía los residuos electrónicos de los vertederos, crea oportunidades económicas locales” y construye soberanía tecnológica desde los territorios.
- La vinculación a estudiantes de últimos semestres de ingeniería y tecnología como practicantes en estos centros, generando un doble impacto. Este modelo, como señala (Romero, 2024), "no solo reduce la degradación medioambiental... sino que también desvía los residuos electrónicos de los vertederos, crea oportunidades económicas locales" y construye soberanía tecnológica.

3. Contra la brecha de conectividad: una política diferencial de conectividad educativa rural con soluciones híbridas

Reconociendo que la cobertura universal de banda ancha de alta calidad es una meta de mediano plazo, se requiere una política pragmática e inmediata:

- Priorizar la conectividad de todas las instituciones educativas oficiales como un servicio público esencial.
- Implementar un modelo de "conectividad híbrida" que combine: infraestructura física en la escuela, software y contenido offline, y estrategias pedagógicas desconectadas (unplugged).
- Crear subsidios o tarifas especiales de datos móviles para estudiantes y docentes de estratos 0, 1 y 2.

Esta triple estrategia es un sistema integrado. El plan de reacondicionamiento suple la falta de equipos y sirve como escenario de formación práctica. Los docentes capacitados podrán usar tanto equipos reacondicionados como estrategias unplugged, claro, teniendo en cuenta estos como un enfoque pedagógico que enseña conceptos fundamentales de la computación y el pensamiento computacional sin el uso de dispositivos electrónicos, software o conexión a internet. En lugar de computadoras, se utilizan materiales físicos, juegos, actividades manuales, dinámicas grupales y analogías del mundo real para representar procesos algorítmicos, lógica booleana, estructuras de datos y otros principios computacionales.

La conectividad híbrida asegura que los recursos lleguen y sean útiles en cualquier contexto. Al articular economía circular, formación docente e inclusión digital, Colombia puede empezar a resolver su paradoja y construir un camino real hacia la equidad en la educación digital del siglo XXI.

Conclusiones

1. Esta investigación confirma que la implementación del Pensamiento Computacional en Colombia se ve bloqueada por una triple brecha estructural —infraestructura tecnológica, formación docente y conectividad— que opera de manera sinérgica, creando un círculo vicioso de exclusión digital que se intensifica en regiones como el Huila. Los datos son contundentes: mientras el 88% de los estudiantes colombianos tiene niveles insuficientes en matemáticas (base del PC), solo el 16.3% de los hogares rurales cuenta con computador y el déficit de docentes capacitados supera los 350.000 profesionales.
2. Sin embargo, el panorama no es de fatalidad. La evidencia empírica demuestra que, cuando se superan localmente estas barreras, el PC genera resultados transformadores. Esto indica que el principal obstáculo no es pedagógico, sino político y de gestión. La paradoja clave revela la oportunidad: la solución a la falta de hardware puede hallarse en la gestión inteligente de los residuos electrónicos, un "recurso educativo fantasma" que, mediante el reacondicionamiento dentro de un modelo de economía circular, puede cerrar brechas de acceso de manera sostenible, generar capital humano y fomentar la innovación local.
3. Frente a esta encrucijada, la disyuntiva ya no es invertir o no invertir, sino gastar de manera fragmentada o invertir con inteligencia sistémica. Se requiere una voluntad estratégica que articule sinérgicamente: (1) la formación masiva de docentes, (2) un Programa Nacional de Reacondicionamiento de Hardware con Fines Educativos y (3) una política de conectividad realista y diferenciada.

4. El pensamiento computacional es hoy un derecho fundamental para la ciudadanía plena y el pasaporte básico para la empleabilidad. Permitir que su acceso dependa del código postal no es solo una falla educativa, es una injusticia social que hipoteca el futuro del país. Aprovechar lo que otros desechan para construir el futuro que todos merecen no es solo una solución técnica ingeniosa; es, en esencia, un acto de justicia social y la demostración de que el verdadero pensamiento computacional empieza por poner a las personas en el centro de la solución.

Referencias bibliográficas

- Avilés, M. R., Balladares, J. A., & Pérez, H. O. (2016). DEL PENSAMIENTO COMPLEJO AL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL: RETOS PARA LA EDUCACIÓN CONTEMPORÁNEA. En U. P. Ecuador, DOI: 10.17163/soph.n21.2016.06 (pág. 13/18). Ecuador: Sophia, colección de Filosofía de la Educación, 21(1), pp. 143-159.
- BRITISHCOUNCIL. (2023). Códigos de Colombia: transformando la educación y cerrando la brecha digital. Obtenido de BRITISHCOUNCIL: <https://www.britishcouncil.org/partner/international-development/news/colombia-codes-transforming-education-bridging-digital-divide>
- BRITISHCOUNCIL. (05 de 05 de 2024). Colombia Programa: Innovando la educación a través del pensamiento computacional.
- Obtenido de britishcouncil: <https://www.britishcouncil.co/sistemas-educativos/colegios/colombia-programa>
- Casas, P., & Giraldo, C. (05 de 12 de 2023). Pruebas Pisa: así le fue a Colombia en ciencias, matemáticas y lectura. Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/educacion/pruebas-pisa-2022-asi-le-fue-a-colombia-en-ciencias-matematicas-y-lectura/>
- Chacón, M. (14 de 05 de 2020). Solo el 17 % de los estudiantes rurales tiene Internet y computador. Ministerio de Educación implementa otros modelos alternos a la virtualidad. Obtenido de EL TIEMPO: <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/solo-el-17-de-los-estudiantes-rurales-tiene-internet-y-computador-495684>
- CNP. (15 de 11 de 2022). CONCEPTO SOBRE LAS BASES DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2022-2026: COLOMBIA POTENCIA MUNDIAL DE LA VIDA. Obtenido de Consejo Nacional de Planeación: https://www.cnp.gov.co/Documents/Concepto%20CNP%20BASES%20PND%202022%202026_compressed.pdf
- DANE. (2021). Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2020. Colombia: DANE. Boletín Técnico.
- DANE. (2023). Logística de transporte de carga en Colombia: Análisis de costos y eficiencia. Bogotá-Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).
- DANE. (2025). Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2024. Colombia: DANE.
- deia. (18 de 11 de 2025). Una cuarta parte de los jóvenes de 15 años no tiene nivel básico en matemáticas y lectura. Obtenido de © Editorial Iparraguirre, S.A: <https://www.deia.eus/actualidad/sociedad/2025/11/18/educacion-jovenes-matematicas-10364721.html>
- Editorialge. (10 de 03 de 2025). Cómo Colombia se está convirtiendo en un líder latinoamericano en el desarrollo de software? Obtenido de Editorialge Spanish: <https://es.editorialge.com/desarrollo-software-colombia/>

- Engelhardt, K., & Balanskat, A. (2015). Computing our future: Computer programming and coding - Priorities, school curricula and initiatives across Europe. Research Gate, [https:// www. researchgate. net/ publication / 284139559 _ Computing _ our _ future _ Computer _ programming _ and _ coding _ - _ Priorities _ school _ curricula _ and _ initiatives _ across _ Europe](https://www.researchgate.net/publication/284139559_Computing_our_future_Computer_programming_and_coding_-_Priorities_school_curricula_and_initiatives_across_Europe).
- García Rodríguez, A. (2022). Enseñanza de la programación a través de Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional en educación básica secundaria. En 1. 1.-1. Academia Y Virtualidad, <https://doi.org/10.18359/ravi.5883> (pág. 172). Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia: Neogranadina.
- García Rodriguez, A. (2022). Enseñanza de la programación a través de Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional en educación básica secundaria. Universidad Nueva Granda. Academia Y Virtualidad, 15(1), 161–182, <https://doi.org/10.18359/ravi.5883>.
- García Rodriguez, a. (2022). Enseñanza de la programación a través de Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional en educación básica secundaria. En <https://doi.org/10.18359/ravi.5883>, Academia Y Virtualidad, 15(1), 161-182 (pág. 166). Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia.: Neogranadina.
- García Rodríguez, A. (2022). Enseñanza de la Programación a través de Scratch para el desarrollo del Pensamiento Computacional en Educación Básica Secundaria. En 1. 1.-1. Academia Y Virtualidad, <https://doi.org/10.18359/ravi.5883> (pág. 178). Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia: Neogranadina.
- GEM. (2024). The Global E-waste Monitor 2024. Obtenido de ITU: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx>
- Jiménez, J. L., & Carmona, E. J. (25 de 04 de 2025). Revisión sistemática del pensamiento computacional y educación STEM en el currículo de secundaria. Praxis, DOI: [http: // dx. doi. org/ 10.21676/23897856.6531](http://dx.doi.org/10.21676/23897856.6531). Obtenido de Praxis.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions. Research Gate, DOI: 10.2139/ssrn.3037579.
- Ligarretto, R. E. (20 de 05 de 2020). Educación virtual: realidad o ficción en tiempos de pandemia. Obtenido de Pesquisa Javeriana. Pontificia Universidad Javeriana de Colombia: [https:// www. javeriana. edu .co / pesquisa/educacion-virtual-realidad-o-ficcion-en-tiempos-de-pandemia/MinAmbiente](https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/educacion-virtual-realidad-o-ficcion-en-tiempos-de-pandemia/MinAmbiente). (2017). Política para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE).
- Ministerio del Ambiente. (2017). Gestion nacional de residuos. 3. Diagnóstico, 3.2 Problemática identificada. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Política Nacional Gestión Integral de Residuos de Aparatos Electrónicos: [https:// archivo. minambiente. gov. co/ images/ Asuntos_ambientales_y_Sectorial_y_Urbana/pdf/e-book_rae_/contenido_3_2.html](https://archivo.minambiente.gov.co/images/Asuntos_ambientales_y_Sectorial_y_Urbana/pdf/e-book_rae_/contenido_3_2.html)
- OECD. (2019). OECD Future of Education and Skills 2030. Obtenido de [oecd.org: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass / OECD _ Learning _ Compass _ 2030 _ Concept _ Note _ Series.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf)
- PACE. (2019). A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot. WORD ECONOMY FORUM, https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf.

- Paperts, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: NY: Basic Books.
- Pea, R., & Grover, S. (2013). Computational Thinking in K–12 A Review of the State of the Field. Research Gate, https://www.researchgate.net/publication/258134754_Computational_Thinking_in_K-12_A_Review_of_the_State_of_the_Field.
- Reyes, A., Cajero, A., Ramírez, G., & Armenta, E. (2025). Pensamiento Crítico Digital (PCD):Habilidad Blanda Reconceptualizada. En C. I. multidisciplinar, DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19358 (pág. Pag. 6). Ciudad de Mexico, Mexico: Ciencia latina revista científica multidisciplinar.
- Rojas, J. E. (21 de 11 de 2020). Solo el 51.5% de los huilenses tiene acceso a internet. Obtenido de Diario del Huila: <https://diariodelhuila.com/solo-el-51-5-de-los-huilenses-tiene-acceso-a-internet/>
- Romero, G. (22 de 08 de 2024). Residuos electrónicos: análisis de uno de los grandes retos ambientales a nivel mundial. Obtenido de Revista Tecnica de Medio Ambiente: <https://www.retema.es/articulos-reportajes/residuos-electronicos-analisis-de-uno-de-los-grandes-retos-ambientales-nivel>
- Sofonías, A., Torres, G. P., & Salazar, J. C. (2025). Pensamiento Computacional: Empoderando a Maestros de Primaria para Transformar. AGEDITOR, doi: 10.56294/dm2025837.
- UNITAR. (2024). THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024. United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) - Sustainable Cycles. Obtenido de United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) - Sustainable Cycles.
- Valencia, S. E., & Rivero, C. (2019). Pensamiento computacional: una nueva exigencia para la educación del siglo XXI. En R. E. Pedagógico, <https://ojs.upf.br/index.php/rep/article/view/8702/114114573> (pág. 331). Brazil: Revista Espacio Pedagógico. Obtenido de <https://ojs.upf.br/index.php/rep/article/view/8702/114114573>
- Wing, J. M. (2008). Computational Thinking and Thinking about Computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 366, 3717–3725, <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>.
- Wing, J. M. (2011). Computational Thinking: What and Why? *The Link Magazine*. Carnegie Mellon University, <https://www.cs.cmu.edu/%7ECompThink/resources/TheLinkWing.pdf>.
- a Zainum, Universidad Militar Nueva Granada, Universidad Santo Tomas, Universidad Autónoma, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Universidad Libre de Cali, Universidad Antonio Nariño U.A.N, Universidad Cooperativa da Gran Colombia, Fundación Universitaria Los Tecnológico Cartagena
- Asesor Financiero, Sector Realmercia