

# “Evolución”: Diseño e Implementación de Material Educativo Digital para Fortalecer Habilidades del Pensamiento Computacional

Mauricio Javier Rico Lugo, Xabier Basogain Olabe, Nancy Moreno Niño

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

Mauricio Javier Rico Lugo, Xabier Basogain Olabe, Nancy Moreno Niño, “‘Evolution’: Design and implementation of digital educational material to strengthen computational thinking skills.”, en IEEE-RITA, 2018

Doi: <https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2809943>

**Title**—‘Evolution’: Design and implementation of digital educational material to strengthen computational thinking skills.

**Abstract**—This article describes how an educational digital material supports the improvement of skills in the development of algorithms within Math problems, which belong to a part of an operative computational thinking, in students of the subject Logic Programming. This study reflects how students lack the fundamentals of Math and the algorithmic thinking required to solve the problems established in the educational digital material. The results show that doing a reiterative challenge help students not just to get the fundamentals of Math, but also to solve the algorithms used in the educational digital material, learning from the mistakes made.

**Index Terms**—Algorithms, computational thinking, critical thinking, educational digital material, Information and communication technologies.

## I. INTRODUCCIÓN

LA mayoría de centros educativos a nivel mundial donde se imparten carreras relacionadas con la informática, se dicta una asignatura de introducción o fundamentos de programación. El nombre de la asignatura puede variar y su contenido incluye los conceptos básicos de algoritmos [1] definidos como pasos finitos y ordenados para resolver un problema que conlleva la realización de procesos matemáticos básicos [2]. El curso de Lógica de Programación (correspondiente al programa de desarrollo de software) es la primera

asignatura relacionada con informática que afrontan los estudiantes de primer semestre del Instituto Colombiano de Aprendizaje (INCAP). Los estudiantes de esta asignatura presentan históricamente un bajo desempeño en matemáticas, que como lo refiere el Ministerio de Educación Nacional de Colombia es el área que junto con comprensión lectora presenta un alto porcentaje (70%) de reprobación en las pruebas de Estado. En el informe del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) sobre los resultados de las pruebas PISA (Programa de Evolución Internacional de Estudiantes) del 2012, se evidencia que en el área de matemáticas sólo dos de cada diez estudiantes pueden realizar interpretaciones literales de problemas matemáticos, que contienen algoritmos básicos, fórmulas y procedimientos para resolver problemas de números enteros.

Linares [3] explica que esta dificultad de los recién ingresados a la educación superior también afecta a sus profesores ya que estos deben retomar conceptos matemáticos como la regla de los signos, reforzar operaciones como las divisiones, y aquellos módulos que se debieron adquirir en la etapa escolar. Este déficit afecta a la docencia de todas las materias que involucran conceptos matemáticos.

En esta nueva era de las tecnologías y la comunicación se requiere combinar habilidades de diferentes formas de pensamiento crítico, matemático y algorítmico que dan lugar a una nueva forma de razonar denominado el Pensamiento Computacional (PC). El PC es un concepto emergente para poder resolver problemas de este siglo que necesitan soluciones innovadoras, creativas y que generen un reto para los estudiantes; para alcanzar soluciones a estos problemas el estudiante debe contar con múltiples habilidades para analizar y comprender el problema. Esto significa que el estudiante debe tomar posturas a favor o en contra sobre un tema en particular en un modo reflexivo [4].

El PC no es un concepto particular de quienes se especializan en las Ciencias de la Computación. El PC es una forma de razonamiento que se debe fomentar con herramientas que permitan hallar más de una solución a un problema o una situación en particular; evaluar entre múltiples posibilidades la solución más adecuada y poder sustentarla. El presente estudio se plantea cómo fomentar este tipo de pensamiento desde el aula y asociarlo con los conocimientos adquiridos en los años escolares.

Manuscrito recibido Septiembre 29, 2017; revisado Noviembre 30, 2017; aceptado Diciembre 29, 2017.

English version received January, 13th, 2018. Revised February, 6th. Accepted February, 19th.

Mauricio J Rico Lugo. Magister en Informática Educativa de la Universidad de la Sabana, Chía Colombia (e-mail: [mauriciorilu@unisabana.edu.co](mailto:mauriciorilu@unisabana.edu.co)).

(<https://orcid.org/0000-0003-1271-5700>).

Xabier Basogain Olabe. Doctor Ingeniero de Telecomunicaciones de la Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea (email: [xabier.basogain@ehu.es](mailto:xabier.basogain@ehu.es)).

(<https://orcid.org/0000-0002-6672-6897>).

Nancy Moreno Niño. Magister en Informática Educativa de la Universidad de la Sabana, Chía Colombia (e-mail: [nmorenon@educacionbogota.edu.co](mailto:nmorenon@educacionbogota.edu.co)).

(<https://orcid.org/0000-0002-2345-9928>).

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un Material Educativo Digital (MED) con diferentes retos que permita fortalecer habilidades propias del Pensamiento Computacional y evaluar su efecto en los estudiantes. Para este estudio se implementó una prueba piloto en un grupo de estudiantes de la materia Lógica de Programación.

El enfoque de la investigación es cualitativo; se realizó en un escenario común tanto para el profesor como para los estudiantes. No se pretendió establecer unos datos estadísticos cuantitativos [5] que se podrían obtener del MED de forma automática. Los instrumentos de recolección de datos fueron diarios de campo, software grabador de pantalla, y grabación de voz para los grupos focales. Con estos instrumentos se ha observado la interacción del estudiante con el MED, en particular qué dificultades encontraba, cómo las solucionaba, qué respondía al azar, qué retos eran fáciles o cuáles más difíciles, qué opinaban del MED, cuál es su aporte a nivel personal, y la relación del MED con el PC. Este pilotaje ha servido para realizar correcciones, medir tiempos, adicionar retos, e implementar estrategias que permitan a futuro tener un estudio completo de la población tanto en la sede principal de INCAP como en las otras sedes a nivel nacional.

El presente artículo presenta en primera lugar una revisión teórica de los conceptos de pensamiento computacional y los materiales educativos digitales que enmarcan el estudio. Se presenta la metodología del diseño de la investigación bajo un enfoque cualitativo utilizando la metodología de caso de estudio, realizado en un salón de la materia de lógica de programación del instituto INCAP. En este apartado metodológico se describen las técnicas de recolección de datos, la planificación para la elaboración del MED y el pilotaje del material.

En el apartado de resultados se describe cómo se recolectaron los datos y se analizaron mediante diferentes instrumentos; además se presentan los resultados según los momentos de la investigación, permitiendo realizar comparaciones antes y después de la aplicación del MED con los estudiantes.

Por último el apartado de conclusiones describe las principales conclusiones a partir del análisis de los resultados, y los estudios futuros a realizar.

#### A. Pensamiento Computacional

El término Pensamiento Computacional es relativamente nuevo. Wing [6] indica que el PC es un conjunto de habilidades universales para todo el mundo y no solamente para las personas vinculadas con las ciencias de la computación. Se basa en el poder de las computadoras combinado con el pensamiento humano y sirve para solucionar problemas cotidianos, diseñar sistemas y realizar tareas rutinarias [7]. Esta forma de pensamiento debe ser desarrollado en la escuela de la misma manera que se hace con la escritura y la aritmética. Si se tiene en cuenta lo planteado por Wing [6], estas habilidades del pensamiento computacional tienen sus raíces en la teoría constructivista de Seymour Papert de los años 80 que vincula el aprendizaje con la computación; en esta teoría el conocimiento no se transmite sino que se construye por cada persona. El aprendizaje requiere la ayuda de una

persona o de un medio material (particularmente tecnológico) [8]. El lenguaje de programación LOGO creado por Papert [9] fijó las bases de la teoría del constructivismo favoreciendo la autonomía del estudiante para experimentar, cometer errores y reflexionar sobre ellos; en este proceso se construye el conocimiento.

La Sociedad Internacional para la Tecnología en la Educación (ISTE) y la Asociación de Maestros de Ciencias de la Computación (CSTA), acompañados de líderes de la educación superior, la industria y la educación básica secundaria y media, se reunieron en el año 2011 para plantear una definición operativa del pensamiento computacional. Definen el Pensamiento Computacional como un proceso de solución de problemas que incluye las siguientes características básicas [4]:

- 1) Formular problemas de manera que permitan usar computadores y otras herramientas para solucionarlos.
- 2) Organizar datos de manera lógica y analizarlos.
- 3) Representar datos mediante abstracciones, como modelos y simulaciones.
- 4) Automatizar soluciones mediante pensamiento algorítmico.
- 5) Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con el objeto de encontrar combinación de pasos y recursos más eficientes.
- 6) Generalizar y transferir ese proceso de solución de problemas a una gran diversidad de estos.

Al hacer una reflexión sobre las aproximaciones dadas por los diferentes autores sobre pensamiento computacional, se encuentra como constante la necesidad de solucionar problemas; sin importar el escenario donde se encuentre el individuo siempre hay algo que requiere ser solucionado, mejorado o inventado. La solución basada en un algoritmo sirve tanto para problemas matemáticos como para problemas del mundo real a los cuales se puede dar respuesta con el desarrollo de una aplicación de software. Es así como en el pensamiento computacional interviene el pensamiento lógico, sistémico y algorítmico [9], [10].

A partir de la revisión sobre los fundamentos del pensamiento computacional y tal como lo presenta el ISTE [4], se encuentra que este tipo de pensamiento está sustentado por las habilidades propias de otros modos de razonamiento. Entre ellos está el pensamiento algorítmico, el pensamiento crítico y el pensamiento matemático. La figura 1 ilustra los otros tipos de pensamiento que intervienen en el pensamiento computacional.



Fig. 1. Relación del pensamiento algorítmico, crítico y matemático con el pensamiento computacional.

La definición operativa de PC lo describe como un proceso para solucionar problemas que incluye características como la organización de datos de una manera lógica, la realización de abstracciones, la representación de soluciones y su automatización mediante el pensamiento algorítmico. El pensamiento algorítmico es una habilidad fundamental para el desarrollo del PC que incluye una reflexión crítica para analizar las diferentes soluciones encontradas y determinar cuál es la mejor. Las habilidades de pensamiento matemático se hacen necesarias en muchas de las actividades diarias como realizar comparaciones, evaluar un orden o una magnitud; estas habilidades son utilizadas de forma natural. El cálculo mental tiene unas connotaciones tradicionales en la atención y en la memoria, pero también en funciones sociales y educativas [11].

### B. Material Educativo Digital

Hoy día los estudiantes cuentan con entornos que permiten el fácil contacto con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), sin importar la edad y supliendo diferentes necesidades. En el ámbito educativo se encuentra un área dedicada al uso de las TIC, y dentro de las materias enseñadas destaca la utilización de software (procesador de texto, hojas de cálculo, presentaciones, etc.); también se enfoca el uso de las TIC en la búsqueda de información y su procesamiento a través de Internet. Desafortunadamente en la mayoría de los casos la enseñanza solo se centra en el uso de las herramientas tecnológicas pero no en descubrir cómo funcionan o cómo crearlas. En los últimos años se ha comenzado a hacer un cambio en la forma de ver las TIC, señalando al estudiante la importancia de ser un productor de tecnología y no simplemente un consumidor de la misma [12][13]. Además conviene tener en cuenta que la educación no puede ser ajena al avance tecnológico, porque las nuevas tecnologías traen oportunidades para beneficiar y mejorar los métodos de aprendizaje. La incorporación de las TIC no es solo un desafío sino una necesidad en la educación, estas tecnologías han roto las barreras de la distancia, creando nuevos ambientes de aprendizaje continuos e incesantes [14].

La aparición de nuevos roles en los docentes y los estudiantes, y la creación de nuevos materiales de enseñanza-aprendizaje son los cambios que más han influido las TIC en el ámbito educativo [15]. Estos materiales pueden ser físicos o virtuales; lo importante es que despierten interés en los estudiantes y que tengan la información adecuada con situaciones cercanas a la realidad. Así se logrará la motivación y comprensión de los contenidos que se quieren transmitir [16].

Estos materiales reciben diferentes nombres como recursos educativos digitales, objetos virtuales de aprendizaje, recursos educativos digitales abiertos, materiales educativos digitales (MED), y materiales educativos computacionales [17].

Pianucci, Chiarani y Tapia [18] definen los materiales educativos digitales como "recursos facilitadores del proceso de enseñanza-aprendizaje en soporte digital, siguiendo criterios pedagógicos y tecnológicos, que integran diversos medios incorporados en un diseño de instrucción". Todo material educativo digital debe

fundamentarse en el proceso de enseñanza y aprendizaje, más que en su disponibilidad o entornos gráficos llamativos, aunque son elementos importantes se debe tener claro el objetivo pedagógico, identificando las necesidades de la población, para así realizar las estrategias que permitan dar soluciones que brinden los mejores resultados [19].

Dependiendo de las necesidades educativas, Galvis [19] propone 5 tipos de materiales para fortalecer el aprendizaje. En este estudio se considera el tipo de material, denominado juego educativo que tiene como fin reforzar temas, conceptos y desarrollar destrezas.

## II. METODOLOGÍA

### A. Diseño

La presente investigación está alineada con los principios del paradigma constructivista [20]. Este paradigma da un rol activo al sujeto de estudio; en nuestro caso el sujeto de estudio son los estudiantes del curso de la materia Lógica de Programación [21].

El enfoque de la investigación es cualitativo; no pretende basarse en estadísticas para presentar sus resultados sino que a partir de las observaciones se interpretan los datos obtenidos [22].

El diseño de la investigación se enmarca bajo la metodología de estudio de caso basado en métodos flexibles y en la utilización de múltiples herramientas para capturar y analizar los datos, para así poder comprender las peculiaridades de los estudiantes [22]. Siguiendo el planteamiento de Stake [23] se seleccionó un grupo de estudiantes con características similares a conveniencia, en este caso estudiantes de la materia Lógica de Programación.

### B. Población

El estudio se ha realizado en INCAP que es un instituto de educación para el trabajo y desarrollo humano (este tipo de educación es conocida en otros países como educación profesional). La edad mínima de ingreso para los programas de sistemas es de 14 años. Esta institución tiene más de 15000 estudiantes distribuidos en varias sedes (la sede Chapinero objeto del estudio cuenta con 9850 estudiantes). La carrera Técnico en Sistemas cuenta con 100 estudiantes, en su primer semestre los estudiantes tienen que matricular la materia de Lógica de Programación la cual es la base fundamental en el proceso de pensamiento lógico y crítico de los estudiantes para resolver problemas con algoritmos computacionales, y desarrollar a futuro aplicaciones de software (apps).

### C. Muestra

Se seleccionó para este pilotaje uno de los 10 grupos de la materia de Lógica de Programación, materia identificada en la institución educativa por el código PA (programación uno). El grupo seleccionado fue PA02 conformado por ocho estudiantes, dos mujeres y seis hombres, de edades comprendidas entre 17 y 24 años. La selección de la muestra se realizó por conveniencia como lo plantea Hernández, Fernández y Baptista [22], según el enfoque cualitativo que fundamenta la investigación.

#### D. Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas que permiten la recolección de la información son la observación y la entrevista. La técnica de entrevista contó con el diseño de cuestionarios de tipo estructurado (para las pruebas de entrada-salida, caracterización, interacción con el MED), semiestructurado, y abierto (grupo focal). Además de los cuestionarios se hizo registro de las observaciones mediante un diario de campo. A través de software de captura de pantalla en video se grabaron las acciones de los estudiantes con el MED, y se realizó el registro en audio de las entrevistas en el grupo focal. Los instrumentos y las herramientas diseñadas para la recolección de información fueron validados en la prueba piloto del MED. El procesamiento de la información obtenida en grupo focal, se ha realizado a través del programa Atlas.ti v. 7.5.4.

#### E. Planificación

Se realizó un estudio que fue desarrollado en cuatro fases:

##### 1) Identificar y definir el problema objeto de estudio:

En esta fase se determinó el tema a tratar realizando entrevistas con los profesores del área de sistemas mediante un cuestionario. Se han identificado los problemas de conocimientos que presentan los estudiantes de la materia Lógica de Programación. De esta manera se han determinado los posibles retos que debería tener el MED.

##### 2) Diseñar y desarrollar el material educativo:

En esta fase se diseñó el MED “Evolución” a partir de un storyboard (guion gráfico) evaluado por un experto en materiales digitales. Después de las correcciones del experto se procedió a realizar los ajustes necesarios para empezar la fase de desarrollo.

El diseño y desarrollo del MED “Evolución” fue un trabajo conjunto entre los investigadores y el Centro de Tecnologías de la Academia (CTA) de la universidad de la Sabana en Colombia [24]. El diseño del MED se basó en las estrategias que se deben llevar a cabo para el desarrollo de materiales digitales planteadas por varios autores [19], [25], [26]. La programación del material se realizó en HTML 5 para permitir una navegación adecuada en los diferentes navegadores de los sistemas operativos más utilizados. La figura 2 muestra la pantalla de inicio y entrada al MED.

Este material en su primera versión tiene siete retos distribuidos en diferentes tipos de pensamiento (matemático, algorítmico, y crítico) fortaleciendo las habilidades asociadas al pensamiento computacional. La figura 3 especifica el tipo de pensamiento ejercitado según reto y la habilidad requerida para superarlo.

El MED “Evolución” está diseñado para permitir al participante realizar los retos dependiendo de las habilidades que tenga el participante. La tabla I muestra una síntesis de los aspectos de cada reto.

##### 3) Realizar el pilotaje del MED:

Después del desarrollo del MED “Evolución” se procedió a realizar una prueba piloto para comprobar la usabilidad y accesibilidad del material. Esta prueba se realizó con un



Fig. 2. Diseño de interfaz bienvenida del MED “Evolución”.

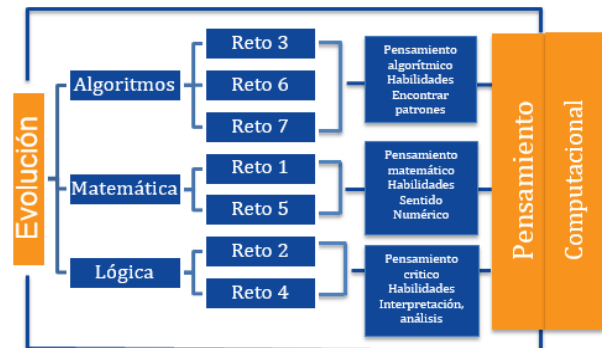


Fig. 3. Esquema general del MED “Evolución”.

grupo de estudiantes de INCAP del curso PA04, elegido a conveniencia [22]. De acuerdo con las observaciones del investigador recopiladas en un diario de campo y al grupo focal realizado al final del pilotaje del material, se realizaron cambios en los tiempos de algunos retos y se corrigieron algunos problemas en la programación del MED.

##### 4) Recolectar los datos y analizarlos: Cuando el material

fue corregido en su parte gráfica y de programación, se procedió a realizar la implementación para determinar el aporte del MED “Evolución” en las habilidades relacionadas con el pensamiento computacional en los estudiantes de la materia Lógica de Programación. En este pilotaje se recolectaron datos con diferentes herramientas para analizarlos y realizar una interpretación descriptiva de los datos obtenidos.

### III. RESULTADOS








Se presenta a continuación el reporte de los datos registrados en los instrumentos de recolección de información según las fases de implementación del MED “Evolución”.

#### A. Recolección de Datos.

Se realizó una indagación para reconocer las habilidades del pensamiento computacional con las cuales llegaban los estudiantes antes de la implementación de MED. El instrumento utilizado fue una prueba de entrada con 10

preguntas abiertas que correspondían a habilidades matemáticas, lógicas y algorítmicas, según el esquema del MED (ver figura 3). Esta prueba se realizó en 45 minutos;

TABLA I  
DESCRIPCIÓN DE LOS RETOS DEL MED "EVOLUCIÓN"

Reto	Nombre	Tema	Objetivo del reto	
1	Nivel célula		Correlación, operaciones matemáticas básicas	Aumentar la atención y concentración del estudiante, entrenando la memoria a corto plazo
2	Nivel pluricelular		Operaciones matemáticas básicas, interpretación de datos, sentido numérico, lógica.	Mejorar la capacidad de interpretación, lógica y de control de datos para resolver un problema, mejorando así sus habilidades matemáticas.
3	Nivel anfibio		Algoritmos, patrones, abstracción	Desarrollar el pensamiento algorítmico encontrando patrones para dar solución a un problema.
4	Nivel marsupial		Operaciones matemáticas básicas, interpretación de datos, sentido numérico	Mejorar la capacidad de interpretación y de control de datos para resolver un problema, mejorando así sus habilidades matemáticas, sentido numérico, interpretación de lectura.
5	Nivel orangután		Operaciones matemáticas básicas	Aumentar capacidad para el manejo de operaciones básicas y la concentración del estudiante, entrenando la memoria corto plazo, matemáticos adquiridos con anterioridad.
6	Nivel hombre de las cavernas		Algoritmos, patrones, abstracción.	Desarrollar el pensamiento algorítmico encontrando patrones para dar solución a un problema.
7	Nivel hombre Recolector		Algoritmos, patrones, abstracción	Desarrollar el pensamiento algorítmico encontrando patrones para dar solución a un problema.

además se realizaron anotaciones de las observaciones en un diario de campo.

Después de la prueba de entrada se indicó a los estudiantes que podían entrar al link del servidor web donde se aloja el MED "Evolución". La interacción por parte del estudiante con el MED tuvo una duración total de 67 minutos, en esta fase también se registraron observaciones en un diario de campo. Todas las actividades de interacción del estudiante con el material fueron grabadas con un software incluyendo la captura de la pantalla del computador. En total se reunieron aproximadamente 10 horas de video entre todos los participantes de esta implementación.

Terminada la interacción con el MED se entregó la prueba de salida a los estudiantes que contenía 10 preguntas abiertas. Estas preguntas tienen relación con las preguntas de la prueba de entrada, asociadas con los retos del MED "Evolución", y se realizó en 40 minutos.

En este pilotaje el estudiante interactuó una sola vez con el MED para medir si mejora sus habilidades en una primera interacción; además se evitaron posibles contaminantes como realizar operaciones aritméticas con dispositivos electrónicos o pedir ayuda de otro estudiante.

En la última parte de la implementación, se entregó a los estudiantes el cuestionario en formato físico con preguntas abiertas referentes al MED. Estas preguntas se enfocaron en su uso, beneficios, aspectos de agrado y de mejora. Este cuestionario se realizó en 20 minutos. Finalmente se realizó un grupo focal para socializar la actividad con los estudiantes durante 30 minutos. La tabla II muestra un resumen de los momentos de la implementación de la prueba piloto. Análisis de datos

El estudio tiene un enfoque cualitativo basado en varios instrumentos flexibles para recolectar información en diferentes formatos (texto, audio, video) [27]. Esta información fue clasificada y analizada según las siguientes categorías de análisis: a) uso de herramientas en el aprendizaje b) experiencias de aprendizaje, y c) habilidades asociadas al pensamiento computacional. Los grupos focales fueron transcritos, y esta información se clasificó, codificó junto con los cuestionarios en el software Atlas.ti v. 7.5.4.

Con el fin de poder identificar algunas habilidades asociadas a cada tipo de pensamiento, y cómo el MED podría aportar en mejorar en cada una de las habilidades evaluadas, se crearon unos indicadores de desempeño asociados a los retos del MED. La tabla III muestra los indicadores de desempeño utilizados.

TABLA II  
MOMENTOS DE LA FASES DEL PILOTAJE

Herramienta o Actividad	Tiempo
Prueba de entrada	45 minutos
Interacción con el MED "Evolución"	67 minutos
Prueba de salida	40 minutos
Cuestionario interacción con el MED "Evolución"	20 minutos
Grupo focal cierre de la actividad	30 minutos
Total tiempo de la actividad	3 horas y 22 minutos

TABLA III  
INDICADORES DE DESEMPEÑO SEGÚN HABILIDAD DE PENSAMIENTO OBSERVADA

Componentes del pensamiento computacional	Habilidades	Indicador
1.Pensamiento algorítmico	Encontrar patrones	1.1 Identifica los pasos para resolver los algoritmos
		1.2 Realiza abstracciones de una secuencia de caracteres
2.Pensamiento matemático	Sentido numérico	2.1 Interpreta los datos que componen el problema
		2.2 Realiza las operaciones matemáticas básicas asociadas al problema
3.Pensamiento crítico	Interpretación Análisis	3.1 Identifica el problema planteado
		3.2 Propone una solución acertada al problema
		3.2 Explica cómo llegó a resolver un problema

Estos indicadores se verificaron en cada uno de los estudiantes, utilizando una rúbrica según se ejemplifica en figura 4.

Para analizar la interacción de los estudiantes con el MED “Evolución” se creó una rúbrica para describir los principales aspectos a tener en cuenta en el estudiante al utilizar el MED como se muestra en la figura 5.

Indicador	Estudiante 1			Estudiante 2		
	Siempre	Algunas veces	Nunca	Siempre	Algunas veces	Nunca
11	X			X		
12	X			X		
Analisis	Realiza los pasos necesarios para resolver los algoritmos. Estos pasos son entendibles y coherentes. Abstrae patrones de forma correcta. Crea algoritmos adaptándose al problema planteado.			Realiza los pasos necesarios para resolver los algoritmos. Estos pasos son entendibles y coherentes. Abstrae patrones de forma correcta. Crea algoritmos adaptándose al problema planteado.		
P3						
21		X		X		
22	X			X		
Analisis	Plantea de forma correcta los problemas matematicos utilizando las operaciones adecuadas. Siempre realiza operaciones matematicas escritas para resolver los problemas. Realiza verificación de la respuesta			Plantea de forma correcta los problemas matematicos utilizando las operaciones adecuadas. Siempre realiza operaciones matematicas escritas para resolver los problemas. Descompone el problema en partes para dar una solución		
P1						
31			X	X		
32		X		X		
33			X	X		
Analisis	De la respuesta del problema pero no explica como la logro. Plantea de forma incorrecta los problemas dados			Identifica el problema y da una respuesta acertada, explicado como lo resolvió		
P9						

Figura 4. Rúbrica de análisis de los cuestionarios de entrada y salida. Los resultados reportados en esta rúbrica corresponden al estudiante 1 y es para referencia del formato que se siguió en el análisis de todos los casos.

B. Presentación de Resultados

Los resultados obtenidos en este estudio del MED “Evolución” se clasifican en tres categorías de acuerdo con los análisis realizados.

1) Desempeño durante el uso del MED “Evolución”:

El desempeño medido se relaciona con el número de intentos de los estudiantes en superar un reto teniendo en cuenta las habilidades asociadas al PC (ver figura 3).

Los retos 1 y 5 fueron especialmente diseñados para que los estudiantes practicaran las operaciones matemáticas básicas. El número de intentos según los retos 1 y 5 se muestran en la figura 6.

Los retos 3, 6 y 7 fueron diseñados para involucrar habilidades de pensamiento algorítmico. La figura 7

Estudiante 1	Intentos	cambio reto	Operaciones fáciles	Operaciones difíciles	Puntaje	Lee la Ayuda	Dificultad
Reto 1	1	No	multiplicación	Sumas restas	69	Si	fácil
<b>Observaciones</b> El estudiante encontró la forma de mantener los datos ocultos visibles, no involucra la concentración solo la solución de problemas matemáticos, resolvió primero las multiplicaciones y después las sumas y restas							
Reto 2	2	si--3			105	Si	difícil
<b>Observaciones</b> No puede interpretar el problema, Este reto lo deja de ultimo y cuando retoma resuelve sin problema la pregunta							
Reto 3	17	si--4			64	Si	difícil
<b>Observaciones</b> Tiende a realizar acciones aun sabiendo que el movimiento no representa un avance en el algoritmo, como abandono el reto y siguió con otros cuando retomo y después de realizar el reto 7 se tomó su tiempo para analizar los pasos sin embargo intenta realizar movimiento aun sabiendo que estos no resolverán el problema, cuando resolvió el reto lo logro en el segundo cero así que el programa lo marco como no resuelto cuando retoma el juego analiza y aunque lo intenta 2 veces más resuelve el patrón.							
Reto 4	2	No			94	Si	media
<b>Observaciones</b> Falto análisis en el primer intento							
Reto 5	1	No	suma resta	división	40	Si	fácil
<b>Observaciones</b> Un error con una multiplicación y se demora en la división mental							
Reto 6	1				100	Si	fácil
<b>Observaciones</b> Entendió el algoritmo y los pasos para solucionarlo							
Reto 7	13	No			67	si	difícil
<b>Observaciones</b> Leer de nuevo instrucciones, en 7 ocasiones estuvo a un movimiento de terminar el reto y aun así realizó un movimiento que no se podía, aun conociendo las instrucciones avanzaba y no era la solución correcta							
Puntaje Total					539	tiempo total	30 minutos

Fig. 5. Rúbrica de análisis de los videos de captura de pantalla. Este es un ejemplo del análisis realizado para el video del estudiante 1 mientras afrontaba cada reto del MED.

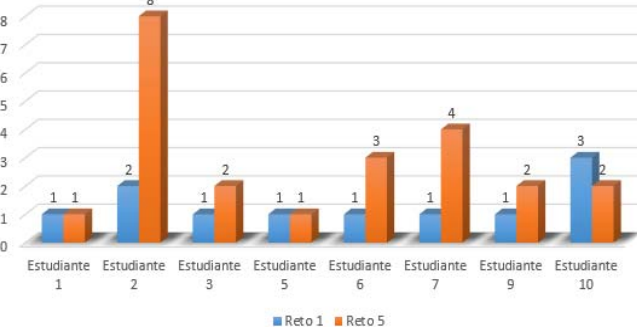


Fig. 6. Número de intentos por estudiante en los retos de habilidades matemáticas.

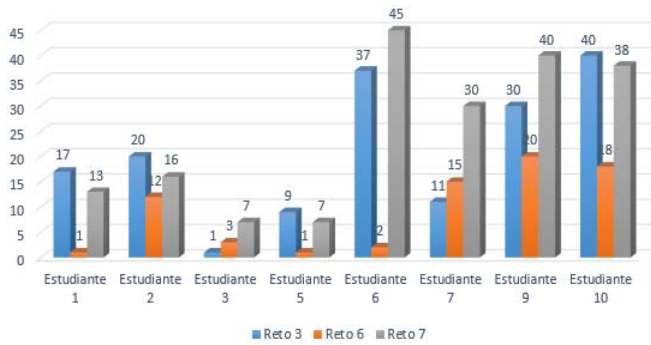


Fig. 7. Número de intentos por estudiante en los retos de habilidades algorítmicas.

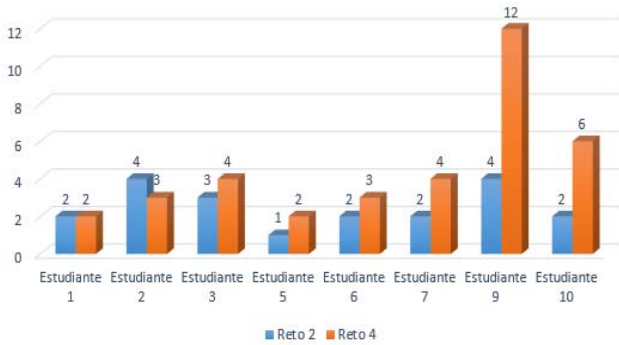


Fig. 8. Número de intentos por estudiante en los retos de habilidades análisis e interpretación.

muestra el número de intentos para estos retos. Se observa en dicha figura que el reto que presentó menos dificultad fue el reto 6.

Por su parte los retos 2 y 4 fueron diseñados para enviar preguntas aleatorias de manera que los estudiantes, además de utilizar operaciones matemáticas como sumas y restas, incorporaran análisis e interpretación de los datos planteados en las preguntas. La figura 8 muestra el desempeño según número de intentos para estos retos.

2) Aporte del MED “Evolución” según las pruebas:

Los casos de mejor desempeño inicial (prueba de entrada) mostraron mejor respuesta tras la implementación del MED, especialmente en aquellas habilidades que inicialmente no alcanzaron un puntaje de mayor eficiencia al compararlos con la prueba de salida.

Las habilidades de mayor dificultad para los casos con bajo desempeño son las asociadas al pensamiento matemático. Después de la intervención con el MED parece potenciarse de manera leve al menos una forma de pensamiento para todos los casos.

En la mitad de los casos se han potenciado habilidades de pensamiento matemático y algorítmico. En dos de los casos con mayor dificultad, se evidencia mejora en habilidades de pensamiento crítico. En uno de estos dos

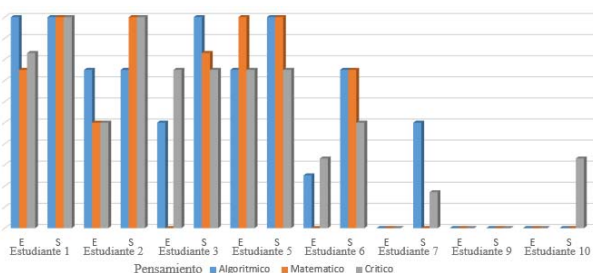


Fig. 9. Comparativa de las habilidades según los tipos de pensamientos en la prueba de entrada (E) y prueba de salida (S).

casos se encontró un mejor desempeño según habilidades de pensamiento algorítmico.

Uno de los ocho casos analizados de más bajo desempeño no mostró cambio alguno. La figura 9, ilustra el desempeño de los estudiantes antes y después de la intervención con el MED, según el tipo de pensamiento observado.

3) Percepción del estudiante sobre uso del MED:

La mayoría de los estudiantes expresan que MED Evolución es una herramienta que ayuda al desarrollo de habilidades (lógica, interpretación, matemática, resolución de

problemas). Además los estudiantes indican que tiene un propósito de aprendizaje que va más allá de superar los retos presentados como se observa en los siguientes testimonios de estudiantes:

“es un juego educativo que nos ayuda a pensar y a ejercitar la lógica de los algoritmos” (Estudiante 2).

“el juego de evolución me parece una muy buena herramienta por que explora todos los niveles, desde el más básico -que uno considera bueno, pues, “bastante elementales-”, pero uno a veces a conciencia, con el tiempo olvida varias cosas; entonces digamos que si sirve como para fortalecer las capacidades previas, la capacidad de lógica y organizar los procesos. Me parece que sí es una buena herramienta pedagógica.” (Estudiante 5).

Respecto a los aspectos de diseño del MED, (navegabilidad del material, orientación y localización de elementos), los estudiantes consideran que es un recurso con una interfaz agradable a la vista y de fácil navegación. Se considera la ventaja de contar con una ayuda (el manual incorporado en la página web) que facilita el registro y el acceso.

Los retos algorítmicos fueron los de mayor dificultad en opinión de los estudiantes, y entre ellos se destaca el reto de los cavernícolas (este es el último de los retos del MED). Se considera que el MED propone una mayor dificultad a medida que se avanza en los retos:

“naturalmente cada nivel tenía una mayor dificultad que el anterior, pero al usar la lógica y el análisis los pude solucionar sin inconvenientes” (Estudiante 5).

Los retos matemáticos también presentan cierta dificultad, debido, según los estudiantes, a sus escasos conocimientos en matemáticas, la dificultad para desarrollar las operaciones matemáticas (dificultad para concentrarse), y al tiempo límite dado para el logro del reto.

También consideran los estudiantes que el MED aporta en el fortalecimiento de las habilidades matemáticas, particularmente, en la capacidad de memorización, agilidad mental, y en realización de operaciones básicas.

Dentro de los aspectos de mejora del MED Evolución, se menciona aumentar la dificultad de los juegos mediante la disminución del tiempo de los retos y el nivel de complejidad. También se considera importante la incorporación de nuevos retos. Estas propuestas de mejoras se observan en los siguientes testimonios:

“Digamos como juegos de habilidad pero algo más rápido tiempos de respuesta más rápida, algo que lo haga decidir a uno por así decirlo bajo presión” (Estudiante 2)

“Pues en los juegos yo diría que el del mico (orangután) podríamos hacer operaciones matemáticas más grandes y así con el tiempo más restringido” (Estudiante 6)

“quizá el sudoku sería una buena ayuda pero que lo hicieran más interactivo” (Estudiante 3, sobre la incorporación de un nuevo reto).

Respecto a la pertinencia de este tipo de recursos en la enseñanza de la materia de Lógica de Programación, se encuentra consenso en las ventajas que éstos puedan ofrecer en el ámbito educativo y a la falta de implementación de los mismos en el aula como se expresan en los siguientes testimonios:

“Desde mi punto sería una buena herramienta porque lo hace salir de lo fácil de lo que uno está acostumbrado, que la tecnología lo hace todo por uno, y en el juego puede evidenciar que lo hace pensar a uno varias veces para hacer las cosas...” (Estudiante 1).

“Me parece una buena herramienta pedagógica. Digamos si a uno le ayuda a desarrollar esas habilidades de lógica, de razonamiento, yo creo que sí, definitivamente esta es una de esas herramientas que debería ser usada en mayor escala en todas las áreas del conocimiento. Hoy en día que todavía los centros universitarios todavía manejan a la antigua prácticamente, y no se han dado cuenta que con la globalización, las últimas tecnologías prácticamente son un requisito, también el acceso a estos medios informativos que obviamente lo ponen a uno a la par con personas de otras latitudes” (Estudiante 5).

#### IV. CONCLUSIONES

En este estudio se trató de abordar una estrategia para incorporar habilidades del Pensamiento Computacional en estudiantes de la materia Lógica de Programación. Esta estrategia se basó en el diseño y posterior pilotaje de un material educativo digital con el nombre “Evolución”, que permitiera mediante retos fortalecer habilidades matemáticas, algorítmicas y de análisis.

Las herramientas tecnológicas desarrolladas con una intención pedagógica involucran al estudiante en su aprendizaje y le motiva para que cambie su rol pasivo en las clases por uno de participación en el que puede crear autonomía en su aprendizaje.

En este estudio no se pretende argumentar que con el MED “Evolución” se aprende o se enseña Pensamiento Computacional, sino reforzar conocimientos que traen los estudiantes de su vida escolar y tratar de solucionar algunos déficits en la parte matemática y de análisis relacionadas con habilidades del PC.

En este estudio cualitativo se evidenciaron comportamientos de los estudiantes al interactuar con una herramienta tecnológica, y se indagó por su opinión para describir el grado de participación y compromiso de los estudiantes.

Los estudiantes ven las TIC como herramientas necesarias en los procesos de aprendizaje de cualquier materia en los diferentes niveles educativos. Esta visión de los estudiantes debe crear un compromiso por parte de los profesores para investigar, ensayar y aplicar nuevos métodos de enseñanza en las diferentes asignaturas o materias que dicten actualmente.

La comprensión lectora y las habilidades matemáticas deben ser mejoradas, y para ello se hace necesario crear nuevos materiales y actividades que permitan al estudiante mejorarlas.

Para las materias iniciales de las carreras de sistemas se deben tener en cuenta diferentes materiales interactivos que permita al estudiante ensayar, cometer errores en un entorno controlado, y que sirvan de motivación para avanzar en su proceso de aprendizaje.

Con esta primera intervención del MED “Evolución” se ha evaluado el material tanto a nivel de diseño y desarrollo, y se ha analizado el aporte pedagógico en los temas relacionados con habilidades del PC propias de la materia de Lógica de Programación. Se han corregido los errores de acuerdo con todos los datos analizados. El siguiente paso en esta investigación será desarrollar un estudio general del MED “Evolución” en todos los estudiantes de primer semestre de INCAP que cursan la materia.

Es pertinente mencionar algunas limitantes presentadas en este estudio. Algunos son factores asociados con el MED, y otros con aspectos de la implementación. El tiempo es un factor determinante en esta investigación. Hay que tener en cuenta que el material se implementó una sola vez por cada fase (prueba piloto del material, prueba piloto del estudio) y que se realizó un análisis de la interactividad de cada estudiante en cada una de las fases (observando su comportamiento y resultados); este análisis se realizó en un solo momento para no viciar los datos, ya que el estudiante podría resolver los algoritmos o las preguntas con ayuda de otro compañero o buscando en Internet. En caso de haber dispuesto de más tiempo para el desarrollo de otras implementaciones, se podría haber tenido una mayor certeza de la consolidación de los conocimientos: a) verificando si los ensayos-error fueron significativos, pudiendo encontrar nuevamente el patrón para resolver los algoritmos, b) realizando las operaciones matemáticas mucho más rápido, o más importante, c) no equivocándose al realizarlas.

Se considera que el tiempo de desarrollo de la implementación (más de 3 horas) fue un factor que no permitió la participación de más estudiantes, (algunos estudiantes no disponían de todo este tiempo para realizarla).

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Tecnologías para la Academia de la universidad de la Sabana (Chía, Colombia) por ser parte de la elaboración del MED utilizado en este estudio. También a las directivas del Instituto Colombiano de Aprendizaje (Bogotá, Colombia) donde se realizó esta investigación.

#### REFERENCIAS

- [1] L. Aguilar, L. Baena, and M. Fernández, *Fundamentos de Programación Libro de Problemas*, 2nd ed. Madrid: McGraw-Hill, 2000.
- [2] G. Brassard and P. Bratley, *Fundamentos de algoritmia*. Madrid: Prentice Hall, 1997.
- [3] A. Linares, “Por que somos tan malos en Matematicas,” 28 *Septiembre, 2013*, 2013. [Online]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13088961>.
- [4] Csta.Iste, “Computational Thinking in K–12 Education leadership toolkit,” p. 43, 2011.

- [5] J. H. Mcmillan and S. Schumacher, *Investigación educativa*, 5th ed. Madrid, Pearson, 2005.
- [6] J. M. Wing, "Computational Thinking," *Commun. ACM*, vol. 49, no. 3, pp. 33–35, 2006.
- [7] X. Basogain, M. Á. Olabe, and J. C. Olabe, "Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje," *Rev. Educ. a Distancia*, vol. 46, no. 46, 2015.
- [8] P. Blikstein, "Thinking about learning, and learning about thinking," *Diciembre, 2013*, 2013. [Online]. Available: <https://tltl.stanford.edu/content/seymour-papert-s-legacy-thinking-about-learning-and-learning-about-thinking>.
- [9] J. M. Wing, "Computational Thinking: What and Why?," *thelink - Magazne Varnegie Mellon Univ. Sch. Comput. Sci.*, pp. 1–6, 2010.
- [10] A. V. Aho, "Computation and computational thinking," *Comput. J.*, vol. 55, no. 7, pp. 833–835, 2012.
- [11] S. E. Breen and A. O'shea, "Mathematical Thinking and Task Design," *Irish Math. Soc. Bull.*, vol. 66, pp. 39–49, 2010.
- [12] L. López, "Metodología para el Desarrollo de la Lógica de la Programación Orientada a Objetos," *Rev. Iberoam. Sist. Cibernética e Informática*, pp. 27–32, 2013.
- [13] F. J. García-Peñalvo, "A brief introduction to TACCLE 3 – Coding European Project," pp. 3–6, 2016.
- [14] A. Moya, "Las nuevas tecnologías en la educación," *Innovación y Exp. Educ.*, vol. 24, pp. 1–9, 2009.
- [15] S. Almeida, J. P. Febles, V. Estrada, and O. Bolaños, "Las Tecnologías de la información y las comunicaciones en la universalización de la enseñanza medica," pp. 1–18, 2006.
- [16] M. Bautista, A. Martínez, and R. Hiracheta, "El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación ( TIC ' s ) para mejorar el alcance académico," pp. 183–194, 2014.
- [17] D. Wiley, "Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy," *Igarss*, vol. 2830, no. 1, pp. 1–35, 2014.
- [18] G. Pianucci, M. Chiarani, and M. Tapia, "Elaboracion de Materiales educativos digitales," *1er Congr. Int. Punta del Este*, pp. 1–6, 2010.
- [19] A. Galvis, *Ingeniería de Software Educativo*. Bogotá: Universidad de los Andes, 1992.
- [20] E. Guba and Y. Lincoln, "Paradigmas en competencia en la investigación educativa," *Por los rincones. Antología de métodos cualitativos en la investigación social*. pp. 113–145, 2002.
- [21] C. Coll, "Recopilación De Textos Sobre Las Aplicaciones Pedagógicas De Las Teorías De Piaget," *Psicol. Genética Y Aprendizajes Esc.*, pp. 1–20, 1986.
- [22] R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista, *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill, 2006.
- [23] R. E. Stake, *Investigación con estudios de caso*. 1999.
- [24] M. J. Rico, "MED Evolución: Un camino al Pensamiento Computacional," *research-technique*, p. 270, 2017.
- [25] J. Torrente et al., "Fomentando la Creatividad: Creación de Escenarios de Aprendizaje Basados en Juegos," *Una Guía para Profesores*, pp. 1–46, 2011.
- [26] Red.es, "Evaluacion de material educativo digital," *España*, 2005. [Online]. Available: [http://www.edubcn.cat/rsc\\_gene/2\\_ficha\\_evaluacion\\_material](http://www.edubcn.cat/rsc_gene/2_ficha_evaluacion_material).
- [27] J. L. Álvarez and G. Jurgenson, *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. Mexico, 2003.

**Mauricio Javier Rico Lugo** es Ingeniero de sistemas de la Universidad INCCA de Colombia (2005), especialista en gerencia informática de la universidad Remington (2011), Magister en Informática Educativa de la Universidad de la Sabana (2017), ha realizado publicaciones para el sector privado en lógica, fundamentos de programación y administración de redes, profesor desde hace más de 14 años, formador del SENA desde 2014 en programas de ampliación de cobertura en programación de Software y Redes informáticas, en la actualidad es formador de planta en el Instituto Colombiano de Aprendizaje INCAP. Actualmente participa en un convenio investigativo entre la Universidad del País Vasco (España) y la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada de (Colombia) que pretende introducir el pensamiento computacional en los colegios y escuelas de Colombia.

**Xabier Basogain Olabe** es profesor de la Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea. Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid (1987), Doctor Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad del País Vasco (1991), y miembro del Departamento de Sistemas de Ingeniería y Automática de la Escuela de Ingeniería de Bilbao. Ha impartido cursos sobre sistemas digitales, microprocesadores, control digital, modelado y simulación de eventos discretos, aprendizaje automático y herramientas de colaboración en educación. Sus actividades de investigación incluyen las áreas de: a) soft computing y ciencias cognitivas a STEM; b) tecnologías de aprendizaje y de enseñanza aplicadas a la educación en línea y educación inclusiva; c) realidad aumentada y virtual con tecnologías móviles. Su grupo de investigación (<http://ehu.es/gmm>) está integrado en los grupos de investigación consolidados del sistema universitario vasco (2010), y tiene un extenso número de publicaciones en foros científicos, académicos y sociales. Es miembro de comités de revistas y comités científicos de congresos, colabora en proyectos europeos, y participa en el desarrollo de proyectos sociales y educativos con instituciones de países de Latinoamérica.

**Nancy Moreno Niño** es Psicóloga de la Universidad de los Andes (2002), Especialista en Edumática de la Universidad Autónoma de Colombia (2010), Magister en Informática Educativa de la Universidad de la Sabana (2016) y con un entrenamiento para el uso pedagógico de las TIC con la Oficina de Intercambios y Cooperación para la formación de docentes y la Oficina de Educación de Incheon en Corea del Sur (2017). Actualmente se desempeña como profesional docente de apoyo a la inclusión, con población con discapacidad en institución educativa de la Secretaría de Educación de Bogotá, donde ha encaminado sus esfuerzos en investigar sobre el fortalecimiento del pensamiento matemático en población con algún tipo de discapacidad intelectual.