

Mejorando las habilidades de Pensamiento Computacional de los estudiantes con técnicas de aprendizaje colaborativo

Leovy Echeverría
Facultad de Ingeniería Informática
Universidad Pontificia Bolivariana
Montería, Colombia
leovy.echeverria@upb.edu.co

Ruth Cobos
Departamento de Ingeniería Informática
Universidad Autónoma de Madrid
Madrid, España
ruth.cobos@uam.es

Mario Morales
Departamento de Matemáticas y
Estadística
Universidad de Córdoba
Montería, Colombia
mamorales@correo.unicordoba.edu.co

¹**Resumen**—En este artículo se presenta una iniciativa de Educación STEM. Esta iniciativa presenta un enfoque para mejorar el aprendizaje por medio de la implementación de técnicas de aprendizaje colaborativo. El enfoque propuesto está basado en la promoción de habilidades de pensamiento computacional de manera grupal para mejorar el aprendizaje de geometría. Se han llevado a cabo dos casos de estudio con estudiantes de cuarto de primaria de la escuela Comfacor (Montería-Colombia). El objetivo de estos estudios fue analizar los efectos del enfoque planteado en tres aspectos: la motivación, la satisfacción y el rendimiento de los estudiantes. Los resultados obtenidos evidenciaron que el aprendizaje de geometría mejoró gracias al enfoque propuesto, el cual está basado en una estrategia de pensamiento computacional.

Palabras clave—*habilidades de pensamiento computacional, Moodle-G, Aprendizaje en pareja de Geometría, técnicas de aprendizaje colaborativo*

I. INTRODUCCIÓN

En la literatura se pueden encontrar varios estudios de investigación relacionados con la implementación de iniciativas de Pensamiento Computacional (CT de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Computational Thinking) para mejorar la Educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Science, Technology, Engineering, and Mathematics) [1]–[5]. Una de estas iniciativas describe [5] un enfoque basado en el uso de una plataforma denominada Moodle-G como parte de una estrategia de CT para mejorar el aprendizaje de geometría en estudiantes de cuarto de primaria.

El enfoque mencionado fue mejorado y en este artículo se presenta como una versión extendida del trabajo publicado en la edición de 2019 del IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON2019) [5]. Concretamente, en este artículo se presenta: i) una revisión de literatura complementaria, ii) información detallada de la plataforma propuesta Moodle-G y iii) un nuevo caso de estudio que permitió implementar una técnica de aprendizaje colaborativo.

Con el fin de abordar el primer aspecto, dos nuevos temas han sido revisados: i) Herramientas de Geometría

Dinámica y ii) Técnicas de aprendizaje colaborativo. En el primer tema, siete herramientas y su utilización han sido analizadas: Cabri-Geometry [6], [7], Geometer's Sketchpad [8], [9], Archimedes Geo3D [10], [11], Geocadabra [12], [13], Cinderella [14], [15], Dr. Geo II [16], [17] y GeoGebra [18]–[20]. Y, en el segundo tema, cuatro técnicas colaborativas fueron estudiadas: programación en pares, programación en pares distribuida, programación en pares en línea y entornos de desarrollo integrados [21]–[30].

Adicionalmente, se presentará información acerca del diseño y el desarrollo de la plataforma Moodle-G. En este contexto, se mostrará la descripción detallada relacionada con el modelo de datos y la implementación de la plataforma.

Finalmente, se explicará un nuevo caso de estudio. En este estudio fue implementada una técnica de aprendizaje colaborativo conocida como programación en pareja. Esta técnica fue adaptada para el aprendizaje de geometría (PLG de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Pair-Learning of Geometry). Los resultados principales asociados con el efecto de la técnica colaborativa (PLG) en el aprendizaje de los estudiantes y el rendimiento de los estudiantes serán descritos.

Los factores mencionados nos permiten presentar una mejora del enfoque propuesto en [5]. Y los resultados obtenidos de estos estudios nos permitieron corroborar que las habilidades de pensamiento computacional de los estudiantes fueron promovidas y mejoradas.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: seguidamente, presentamos el estado del arte. La tercera sección es una descripción del enfoque y el entorno. En la cuarta sección explicamos dos casos de estudio. Finalmente, el artículo termina con algunas conclusiones y el trabajo futuro (Quinta sección).

II. ESTADO DEL ARTE

Esta sección presenta una revisión de tres temas: i) Pensamiento computacional; ii) Herramientas de geometría dinámica y iii) Técnicas de aprendizaje colaborativo.

A. Pensamiento computacional

En esta sección se presentan, varias definiciones de CT, conceptos relacionados con el CT, y se mencionan varios ejemplos de iniciativas de CT en diferentes áreas de conocimiento.

- Definiciones

Este concepto fue acuñado por Wing (2006), quien definió el CT como un enfoque utilizado para resolver problemas, diseñar sistemas, y entender el comportamiento humano con base en el uso de conceptos asociados con informática [31].

Otros autores han añadido diferentes variaciones [32]–[37]. Por ejemplo según Michaelson (2015) el CT tiene ventajas debido al hecho de que involucra el entendimiento de la forma y la estructura de la información [35]. Adicionalmente, en los estudios presentados por Qualls y Sherrell (2010) el CT es definido como el uso de conceptos de informática para resolver un problema en cualquier dominio [32].

Una importante contribución fue hecha por Barr y Stephenson (2011), ellos crearon una definición para CT en K-12. En su estudio ellos establecieron que una definición de CT podría ser acoplada a ejemplos que corroboran como el CT puede ser introducido en las aulas de clases [34].

Una nueva perspectiva se propone en [33], este trabajo muestra una variedad de puntos de vista en CT en educación secundaria. Específicamente, varias maneras de enfocar la educación en informática y el desarrollo de competencias de CT.

Uno de los principales propósitos del CT consiste en integrar técnicas computacionales en las disciplinas o programas que requieren habilidades de los estudiantes para resolver problemas. En este sentido, varios trabajos intentan incorporar CT en el curriculum. Algunos de estos trabajos proponen implementar competencias de CT en la educación primaria, además continuar en la secundaria y en asignaturas de educación superior [32]–[35], [38].

Esta iniciativa requiere la reformulación de técnicas de enseñanza o pedagogía. Adicionalmente, para los profesores puede ser útil analizar y estudiar el progreso y el entendimiento de los estudiantes en este campo. Además, la definición de políticas educativas que permitan introducir estos cambios en el curriculum es un desafío importante [34].

Finalmente, la colaboración de la comunidad de Ingeniería Informática es vital. El rol de esta comunidad es relevante para promover prácticas de resolución de problemas algorítmicos y ayudar a incentivar herramientas y métodos computacionales en diferentes áreas de conocimiento [33], [34]. En general, la comunidad de Ingeniería Informática puede por una parte ayudar a proveer materiales, y tecnologías de hardware y software. Y, por otra parte, aprovechar la oportunidad de trabajar con administradores de K-12 [34].

- Conceptos relacionados con Pensamiento Computacional

De acuerdo con la literatura revisada, varios estudios intentan incorporar conceptos asociados con CT [1], [34]–[39]. Es importante resaltar por ejemplo, el trabajo en el cual se presentan varias formas de introducir CT en K-12 [34]. En este contexto, un modelo estructurado fue propuesto en [34]. Este modelo se enfoca en identificar nueve conceptos principales asociados con CT y capacidades. Se presentan varias maneras de cómo los conceptos de CT podrían ser integrados en actividades de aprendizaje a través de varias disciplinas tales como: Ingeniería Informática, matemáticas, ciencia, estudios sociales y áreas de lenguaje. Los principales conceptos propuestos fueron: recolección de datos, análisis

de datos, representación de datos, descomposición de problemas, abstracción, algoritmos y procedimientos, automatización, paralelización y simulación.

Además, el trabajo presentado en [38] propone un curriculum estándar para K-12 basado en Ciencias Naturales. Esta propuesta dio origen a 49 indicadores principales de competencias y ocho indicadores opcionales. De acuerdo con los resultados obtenidos, el entrenamiento en CT y el desarrollo de habilidades son diferentes en cada caso. Por ejemplo, en niveles de K a 6, los estudiantes desarrollan habilidades para resolver problemas y el pensamiento lógico en la vida personal y familiar.

El estudio presentado en [39] propone motivar a los estudiantes a utilizar un lenguaje para pensar computacionalmente. Ellos han sugerido que un lenguaje de pensamiento computacional (CTL de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Computational Thinking Language) debería integrar vocabulario, símbolos y nociones básicas utilizados para la representación y transformación de datos.

Se ha definido una taxonomía para matemáticas y ciencias en el estudio de investigación presentado en [1]. La taxonomía propuesta consiste en cuatro categorías: prácticas de datos, prácticas de modelado y simulación, prácticas de resolución de problemas computacionales y prácticas de pensamiento sistémico. Cada categoría tiene definidas habilidades de CT específicas.

Finalmente, según [35] el CT puede entenderse como: descomposición, identificación de patrones, generalización y abstracción de patrones, y diseño de algoritmos. Este autor argumenta que el CT es un marco de trabajo donde las soluciones son la combinación de información y computación.

- Iniciativas de pensamiento computacional

De acuerdo con la literatura revisada, hemos encontrado varios ejemplos de experiencias educativas donde fueron incluidas prácticas de CT.

Un estudio presentado en [40] fue realizado con el objetivo de llevar a cabo una prueba piloto del modelo de progresión temprana de CT (PECT de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Progression of Early Computational Thinking). Los resultados de este estudio fueron relevantes para definir un currículo computacional basado en investigación y en la edad apropiada. En el estudio mencionado, 150 proyectos fueron seleccionados de la galería de los profesores en el sitio web de Scratch. Además, se evaluaron los niveles de competencia de las variables de evidencia y las variables del patrón de diseño de cada proyecto y se analizaron los resultados generales entre los niveles de grado.

Otro experimento fue llevado a cabo con un grupo de 129 estudiantes de entre 6 y 17 años de edad. Estos estudiantes participaron en un campamento de verano de tecnología en la Universidad de León, España. A través de este experimento se intentó corroborar dos hipótesis: si la interacción previa con actividades de CT sin alguna explicación de programación podría ayudar a los estudiantes a resolver problemas de CT más complejos; y si el conocimiento previo de los estudiantes en programación influye en el rendimiento de los estudiantes. Para corroborar las hipótesis propuestas en el experimento, los estudiantes tuvieron que completar

dos actividades de aprendizaje: resolver problemas de CT utilizando fichas de juego de colores. Y los estudiantes recibieron una explicación sobre conceptos de programación por medio de un robot profesor. Los resultados obtenidos mostraron que existe relación entre el conocimiento previo en programación y la mejora en el rendimiento de los estudiantes [41].

Un marco de trabajo para implementar CT en asignaturas de educación en general se explica en [42]. En este estudio de investigación se presentan tres ejemplos detallados de prácticas de CT. El primero es una asignatura en el contexto de la investigación científica: Sistemas de Información Geográficos I. El segundo y el tercero son asignaturas de Arte y Literatura: Introducción al diseño de juegos; y Modelamiento en 3-D. Según [37] existe una conexión natural e histórica entre CT y matemáticas. En este contexto, dos estudios de investigación importantes se presentan en [36] y en [37]. El primero se enfocó en proveer cinco posibilidades de CT para asistir educación de matemáticas en primaria: agencia, acceso, abstracción, automatización, y audiencia. Estas posibilidades son analizadas y su relación con las actividades de clase, con los artefactos de trabajo de los estudiantes, con los estudiantes y con los comentarios del profesor [36]. El segundo estudio detalla un caso de una clase donde el CT fue utilizado con estudiantes de grado 1 para analizar: patrones con cuadrados e ideas acerca del teorema Binomial [37].

Considerando que en las comunidades de educación STEM se está reconociendo la importancia del desarrollo de competencias de CT de los estudiantes. En este contexto, existen varios trabajos que intentan introducir elementos de CT en las disciplinas STEM por ejemplo, el estudio presentado en [2] propone un marco de trabajo para introducir conceptos de CT en asignaturas STEM. Todo esto con el fin de imponer el CT.

Otra investigación presentada en [4] describe la aplicación de un programa de superación STEM para estudiantes de quinto a noveno grado. A través de este programa se presenta a los estudiantes profesiones y temas STEM mediante actividades prácticas. Algunas de las áreas que se cubren en este programa son: robótica, programación de computadores, agricultura, alimentación, ciencia, etc.

Un trabajo el cual es el resultado de un gran esfuerzo por introducir CT en el material curricular de matemáticas y ciencias en secundaria es presentado en [1]. En este trabajo se diseñan tres actividades para ser incorporadas en el currículo: i) video juegos para clases de física; ii) secuenciación de todo el genoma humano para clases de biología y iii) exploración del comportamiento de gases por medio de experimentos para lecciones de química.

Un estudio de investigación presentado en [3] intenta corroborar que el CT es aplicable no solamente a temas relacionados con STEM sino también a cualquier otro ámbito en educación. En este estudio participaron estudiantes de secundaria de la clase de ética, donde fue implementado un enfoque de aprendizaje basado en juegos a través de vehículos autónomos y la programación de dichos automóviles. Esto les permitió a los estudiantes adquirir habilidades éticas como ciudadanos. Además, existe una creciente tendencia a incorporar CT en asignaturas de introducción a Ingeniería Informática, por ejemplo el proyecto presentado en [32]. En este proyecto realizado en

la Universidad de Memphis participaron 11 escuelas de secundarias de dos distritos escolares. Los estudiantes obtuvieron experiencia realizando simulaciones y programación de robots. Además, ellos desarrollaron habilidades de resolución de problemas y computación. Y revisaron conceptos acerca de otros dominios científicos. Finalmente, en el trabajo presentado en [43], se describe un enfoque basado en escenarios colaborativos para mejorar el aprendizaje de programación como parte de una estrategia de CT.

B. Herramientas de Geometría Dinámica

En esta sección se describen siete herramientas de geometría dinámica (DG, de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Dynamic Geometry).

Según [44] una herramienta DG es un programa matemático utilizado para la manipulación y representación interactiva de construcciones geométricas. Existe una gran cantidad de herramientas DG y cada una posee un conjunto de características específicas. En este contexto, no es una tarea fácil seleccionar una herramienta particular. Sin embargo, es recomendable hacer una lista de ellas y utilizarlas experimentalmente antes de hacer una selección correcta. A continuación, se presentarán algunas de las más populares herramientas DG disponibles.

- Cabri-Geometry

Cabri-Geometry (<https://cabri.com/es/>) es una de las primeras herramientas DG. Fue creada en los años 90. Esta herramienta es comercialmente distribuida y es utilizada para la enseñanza y aprendizaje de geometría y trigonometría. Actualmente ofrece funcionalidades de construcción en 3D. Dos importantes estudios experimentales acerca de la utilización de Cabri se describen en [6], [7]. El primero fue llevado a cabo con estudiantes de secundaria (12 años de edad) y se enfocó en el análisis de explicaciones matemáticas realizadas por los estudiantes de la manera como ellos resuelven problemas que involucran la construcción de cuadriláteros [7]. El Segundo estudio fue completado con 24 estudiantes de una asignatura para entrenar profesores de secundaria. Los principales resultados de este estudio mostraron que Cabri 3D es potencialmente útil para el aprendizaje de geometría analítica espacial [6].

- Geometer's Sketchpad

Geometer's Sketchpad es un programa de ordenador interactivo y dinámico (<http://www.dynamicgeometry.com/>) que inició como una extensión de Visual Geometry Project (VGP) en Swarthmore College a mediados de los 80. Este programa permite a los usuarios explorar teoremas de geometría simples y complejos. Por ejemplo, explorar el comportamiento de una figura geométrica, al igual que el modelamiento de una situación física. Además, existe la posibilidad de almacenar ficheros tipo scripts [8], [9].

- Archimedes Geo3D

Archimedes Geo3D es una herramienta de geometría dinámica desarrollada por Andreas Goebel e iniciada en 2006 (<http://archimedesgeo3d.weebly.com/>). Esta herramienta está disponible para varias plataformas y asiste la creación de puntos, líneas, círculos, planos, esferas, y vectores. Adicionalmente, el usuario puede crear figuras en 3D y añadir texturas, hacer animaciones y generar sombreado para las figuras. El usuario puede realizar y

generar figuras transformándolas en macros que pueden ser guardadas y usadas con un variado grupo de macros preinstaladas que posee la herramienta [10], [11].

- Geocadabra

Geocadabra (<http://www.geocadabra.nl/>) es una herramienta que tiene el propósito de facilitar realizar gráficas de ejercicios. Además, este programa tiene un módulo para construcción y manipulación de estructuras hechas de cubos como representaciones en 2-D; además contiene vistas de diferentes ángulos de las figuras las cuales cambian de acuerdo con la estructura que está siendo construida. Adicionalmente, las estructuras pueden rotarse y arrastrarse con el fin de mostrar las vistas de diferentes ángulos [12], [13].

- Cinderella

Cinderella (<https://www.cinderella.de/tiki-index.php>) es una herramienta DG desarrollada en Java y disponible en una gran variedad de plataformas. Esta herramienta es comercialmente distribuida pero tiene una versión de libre utilización. Además, fue implementada como una herramienta para el aprendizaje de matemáticas, para investigación, publicación y enseñanza. Cinderella asiste puntos, líneas, polígonos, segmentos, círculos, etc. Algunas de sus características son: geometría interactiva, simulación física de motores, exportación de construcciones interactivas, animaciones y ejercicios para páginas web. Además, está disponible para sitios web de educación a distancia [14], [15].

- Dr. Geo II

Dr. Geo II (<http://www.drgeo.eu/>) está inspirado en el programa Dr. Geo y es un marco de trabajo de geometría de libre utilización para gente joven. Esta herramienta contiene tres elementos interactivos: un plano de construcción lógica, un plano de dibujo a mano libre y un plano de interactividad de comando. El primer plano permite la construcción de diferentes objetos: puntos, líneas, valores; construcción con transformaciones geométricas, etc. El segundo proporciona al usuario dibujar libremente el plano de construcción geométrica lógica. Adicionalmente, es posible manipular y dibujar diferentes elementos separados. Y el tercer plano permite explorar objetos y manipularlos a través de comandos [16], [17].

- GeoGebra

GeoGebra (<https://www.geogebra.org/graphing?lang=es>) es una herramienta DG desarrollada en Java y de libre uso. Es la más recomendada entre las de libre uso. Algunas características de GeoGebra son: i) observabilidad de todos los aspectos del modelo, ii) fácil de aprender y usar, iii) lenguaje constructivo textual para la programación, iv) extensibilidad a través de la programación en Java y JavaScript, v) todas las partes de la zona de dibujo son arrastrables e vi) interfaz ergonómica. Varios estudios de investigación corroboran el uso de esta herramienta [18]–[20], [45].

C. Técnicas de aprendizaje colaborativo

Esta sección presenta una revisión de estrategias para la enseñanza basadas en técnicas de aprendizaje colaborativo. Aunque las técnicas presentadas están enfocadas

principalmente para la enseñanza de programación; nuestra propuesta sugiere que estas técnicas pueden ser implementadas para el aprendizaje de geometría.

De acuerdo con la literatura revisada, la estrategia más difundida es la programación en parejas [21], [23]–[25], [46], [47]. Esta técnica de aprendizaje colaborativo es usada en el ámbito industrial y educativo [25].

La programación en parejas como estrategia de diseño instruccional consiste en una actividad donde dos participantes/estudiantes interactúan con herramientas de programación con el fin de escribir código.

Por una parte, durante una sesión de programación en parejas, cada estudiante asume un rol específico: conductor y observador. El conductor almacena el algoritmo, escribe, depura y ejecuta el código. El observador está a cargo de detectar errores, sugerir ideas, pensar y proveer soluciones. Los participantes pueden intercambiar roles y ayudarse mutuamente [21], [23]–[26]. Por otra parte, los profesores explican y refuerzan el protocolo de la programación en pareja a los estudiantes.

Varios conceptos han surgido de experiencias de programación en pareja [21], [24]–[26]. Dos de ellos son: Programación distribuida en pareja (DPP de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Distributed Pair Programming) [24], y programación online en pareja [26].

En DPP dos programadores están geográficamente separados, y colaboran para desarrollar programas usando herramientas que permiten compartir pantalla y sistemas de comunicación tales como audio, texto y vídeo [24].

Otros autores introducen el término programación en línea en pareja [26]. Ellos llevaron a cabo un experimento con una herramienta DPP denominada Nebraska. Nebraska permite a los estudiantes realizar tareas de programación en tiempo real compartiendo una interfaz simultáneamente. El experimento determinó los efectos de la programación en línea en pareja en los programadores principiantes. Los resultados mostraron la programación en pareja podría mejorar las habilidades de comunicación en grupo y presentar la programación de computadores como algo agradable en vez de pesado, además de que podría generar codificación de alta calidad [26].

Otras técnicas asociadas con el uso de métodos de aprendizaje colaborativo han sido usadas para mejorar la enseñanza [22], [23], [27]. De acuerdo con estos autores, aprender de forma colaborativa tiene una influencia positiva en la habilidad y confianza de los estudiantes para desarrollar destrezas y estudiar programación de una forma más motivada y divertida. Además, la actitud de los estudiantes, específicamente las mujeres, hacia la programación podría ser beneficiada [22], [23].

Finalmente, han estado surgiendo una gran cantidad de entornos de desarrollo integrados (IDES, de ahora en adelante, del acrónimo del término en inglés Integrated Develop Environments) los cuales tienen varias funcionalidades relacionadas con el desarrollo de programas de manera colaborativa [28]–[30], [48]. En este sentido, podemos mencionar varias herramientas tales como github (<https://github.com/>) y Bitbucket (<https://bitbucket.org/>). La primera es un servicio de repositorio Git basado en la web. Esta herramienta ofrece funcionalidades de revisión, control y gestión distribuida de proyectos. Y Bitbucket

provee planificación de proyectos, colaboración para código Git, pruebas, etc.

III. ENFOQUE PROPUESTO

Esta sección presenta una descripción general del enfoque y el entorno propuestos.

A. Descripción General

Considerando que los estudiantes de cuarto grado de primaria (9-10 años de edad) deben desarrollar varias habilidades y adquirir conocimientos específicos en matemáticas tales como: comparar, sumar, restar, multiplicar, dividir, resolver ecuaciones; y además tienen que resolver problemas acerca de factores y múltiplos, y explorar fórmulas de geometría, identificar y dibujar figuras. Adicionalmente, ellos deben no solamente interpretar gráficos, tablas, y figuras geométricas, sino que también deberían ser capaces de crear datos específicos. Debido a lo citado es necesario facilitar a los estudiantes el desarrollo de las habilidades mencionadas. Específicamente, motivarlos al desarrollo de aspectos cognitivos de visualización cuando identifican y dibujan figuras geométricas.

Los factores mencionados nos motivaron a proponer un enfoque de aprendizaje mixto [49] que fomenta el interés de los estudiantes de cuarto grado de primaria por aprender geometría. Especialmente, este enfoque promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional para aprender geometría de una forma fácil y divertida.

- Actividades de aprendizaje

El enfoque de aprendizaje mixto propuesto consistió en la realización de actividades presenciales, combinadas con actividades de aprendizaje de geometría asistidas por la plataforma Moodle-G. Las actividades presenciales consisten en presentaciones hechas por el profesor y sesiones de laboratorio. Las actividades por Moodle-G les facilitan a los estudiantes de primaria desarrollar la comprensión y la elaboración de figuras geométricas.

- Habilidades propuestas de CT para el aprendizaje de geometría

En el proceso de creación de una taxonomía de CT en Matemáticas y Ciencias presentada en [1] se definieron cinco etapas: i) revisión de la literatura de CT, ii) reunión y clasificación de un conjunto de actividades para introducir CT en las clases de Matemáticas y Ciencias, iii) revisión y organización de una taxonomía inicial, iv) mejora de la taxonomía inicial y v) entrevista a profesionales de STEM. Este proceso produjo como resultado final una taxonomía de CT conformada por cuatro categorías con 22 habilidades de CT.

Con base en la taxonomía citada, específicamente en la primera categoría: “Prácticas de datos” la cual según [1], esta categoría establece cinco habilidades de CT: reunión, creación, manipulación, análisis y visualización de datos. Hemos propuesto seleccionar dos habilidades de CT: análisis y visualización de datos. Además, intentamos que estas habilidades fueran incentivadas en estudiantes de cuarto grado para mejorar el aprendizaje de geometría.

La promoción de las habilidades de los estudiantes se hizo a través de la realización de ejercicios prácticos acerca

de construcción de sólidos geométricos.

B. El entorno

- Descripción

Para la implementación del enfoque propuesto se utilizó una plataforma denominada Moodle-G en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería (Colombia) [50]. Esta plataforma asiste el diseño de actividades de aprendizaje desde GeoGebra [45], [51] en el sistema de gestión de aprendizaje Moodle [52]. Por un lado, los profesores pueden utilizar la plataforma para planificar las actividades de aprendizaje y evaluar a los estudiantes. Por otro lado, los estudiantes pueden completar las actividades y consultar las calificaciones asociadas con cada actividad. Estas actividades promueven el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional de los estudiantes.

- Implementación

Para el desarrollo de Moodle-G fue necesario definir las principales actividades que pueden ser llevadas a cabo con la asistencia de la citada plataforma.

El profesor puede completar tres actividades de aprendizaje: i) diseñar tareas de GeoGebra, ii) calificar actividades y iii) consultar calificaciones. Para realizar las primeras actividades, el profesor tiene que: añadir un fichero de GeoGebra, definir mecanismos de calificación y establecer la configuración de visualización.

Para completar la segunda y tercera actividad, el profesor tiene que consultar las actividades de aprendizaje realizadas por los estudiantes en la plataforma.

Por otra parte, los estudiantes podían realizar dos actividades con la asistencia de Moodle-G: i) completar actividades de aprendizaje y ii) consultar calificaciones; para realizar estas actividades, los estudiantes tienen que consultar actividades previamente.

La plataforma Moodle-G está compuesta por dos espacios de trabajo: i) el espacio de trabajo del profesor y ii) el espacio de trabajo del estudiante. El espacio de trabajo del profesor está integrado por herramientas que ayudan al profesor a definir las actividades de aprendizaje desde GeoGebra en el sistema de gestión de aprendizaje. Además, el profesor puede calificar las actividades completadas por los estudiantes [50]. La Figura 1 presenta una interfaz de la plataforma Moodle-G.



Fig. 1. Interfaz de Moodle-G.

El espacio de trabajo del estudiante asiste la realización de actividades de geometría en el Sistema Moodle [50].

IV. EXPERIMENTACIÓN

Esta sección muestra la descripción del análisis exploratorio de datos realizado, junto con la presentación de dos casos de estudio y sus resultados obtenidos.

A. Análisis exploratorio de datos

Con el objetivo de realizar un análisis exploratorio de datos, se ha solicitado que rellenaran un cuestionario a ciento ochenta y cinco estudiantes de cinco escuelas colombianas: i) Comfacor (C), ii) Cecilia de Lleras (CL), iii) Policarpa Salavarrieta (PS), iv) Antonia Santos (AS) and v) Francisco José de Caldas (FJC).

El principal objetivo del citado cuestionario era conocer el interés de los estudiantes de primaria en usar una plataforma que les ayudara a aprender geometría de una manera fácil y divertida. Para este propósito, se propuso identificar dos elementos: i) qué tipo de herramientas están utilizando los estudiantes de primaria para aprender y ii) la opinión de los estudiantes sobre el uso de plataformas para aprender geometría. La Tabla I presenta la edad promedio de los estudiantes encuestados por escuela discriminados por género. La Tabla II presenta la información facilitada por los estudiantes sobre las herramientas que usan ahora para aprender.

TABLA I. EDAD MEDIA DE LOS ESTUDIANTES DE PRIMARIA

| Género | Escuela | Media | Mediana |
|--------|---------|-------|---------|
| F | AS | 9.4 | 9 |
| M | AS | 9.4 | 10 |
| F | CL | 9.5 | 10 |
| M | CL | 9.6 | 10 |
| F | C | 9.6 | 10 |
| M | C | 9.6 | 9 |
| F | FJC | 9.5 | 10 |
| M | FJC | 10.4 | 10 |
| F | PS | 9.5 | 10 |
| M | PS | 9.7 | 10 |

Las respuestas del cuestionario mostraron que las herramientas más utilizadas son las páginas web (ver Tabla II).

TABLA II. HERRAMIENTAS CONOCIDAS Y UTILIZADAS POR ESTUDIANTES DE PRIMARIA PARA EL APRENDIZAJE

| Herramientas | Escuela | | | | |
|--------------------------------|---------|----|---|-----|----|
| | AS | CL | C | FJC | PS |
| Blog | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Correo electrónico | 6 | 3 | 6 | 4 | |
| Correo electrónico, Página Web | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Correo electrónico, Software | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Educativo | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|
| Ninguno | 2 | 13 | 7 | 16 | 4 |
| Página Web | 11 | 18 | 16 | 11 | 26 |
| Página Web, Blog | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Software Educativo | 3 | 1 | 1 | | 4 |
| Software Educativo, Blog | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wiki, Software Educativo | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Correo electrónico, Página Web, Software Educativo, Blog | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Página Web, Software Educativo | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| Plataformas de aprendizaje | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Wiki | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Correo electrónico, Página Web, Blog | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Por otro lado, las respuestas del cuestionario mostraron que 89 estudiantes estuvieron de acuerdo en que usar plataformas para aprender geometría podría ser excelente. La Figura 2 muestra la opinión de los estudiantes.

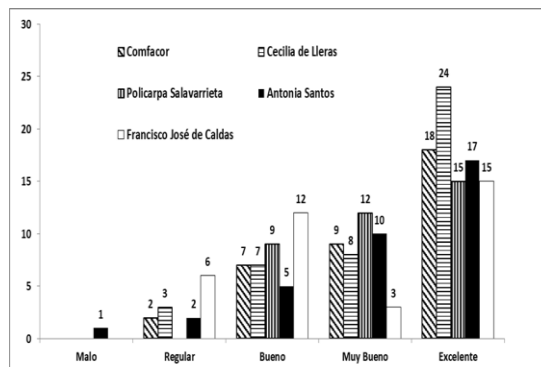


Fig. 2. Niveles de opinión de los estudiantes acerca del uso de plataformas para aprender geometría

Esto nos corroboró la necesidad de utilizar una plataforma para ayudar a los profesores en el diseño de actividades para enseñar geometría y mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

B. Caso de estudio 1

El primer caso de estudio se realizó en la Escuela Comfacor. En este estudio, participaron treinta y dos estudiantes de cuarto grado (4-2). Los estudiantes realizaron actividades de aprendizaje asistidas por Moodle-G como parte de la asignatura de matemáticas.

Por un lado, el profesor utilizó la plataforma Moodle-G donde aportó el material del curso y diseñó las actividades de aprendizaje de geometría. Por otro lado, los estudiantes pudieron consultar las entregas y las actividades escritas por

el profesor. Además, realizaron las actividades de geometría en la plataforma. Estas actividades consistieron en ejercicios prácticos sobre la construcción de sólidos geométricos. Los estudiantes completaron dos tipos de ejercicios: i) observación y selección; y ii) elaboración y análisis de sólidos geométricos. El primer tipo de ejercicios promovió las habilidades de los estudiantes de CT para visualizar y analizar figuras. Y el segundo tipo promovió el análisis de datos. Además, los estudiantes podrían usar la interacción social apoyada por Moodle-G.

Los estudiantes realizaron ejercicios relacionados con tres subtemas: prismas, pirámides y cuerpos redondos. Los estudiantes realizaron en total dieciocho ejercicios con la ayuda de Moodle-G. Cuando los estudiantes completaron el primer tipo de ejercicios, tuvieron que mirar y seleccionar la figura relacionada con un sólido geométrico. Además, cuando los estudiantes realizaron el segundo tipo de ejercicios, dibujaron y analizaron el sólido geométrico en la plataforma Moodle-G. La Tabla III presenta un ejemplo de dos ejercicios.

TABLA III. EJEMPLO DE DOS EJERCICIOS RELACIONADOS CON UNA LECCIÓN DE GEOMETRÍA

| Ejercicio | Habilidades CT | Práctica taxonomía de completada [1] |
|--|--|--------------------------------------|
| Seleccionar un prisma utilizando funcionalidades de Moodle-G | Los estudiantes visualizan varias figuras desde la pantalla de Moodle-G y seleccionan la figura correspondiente | Visualización Análisis de datos |
| Dibujar una pirámide utilizando Moodle-G | Los estudiantes seleccionan herramientas en la pantalla de Moodle-G que generan datos sobre una figura sólida geométrica | Análisis de datos |

- Resultados y discusión sobre el Caso 1

Con el objetivo de probar el enfoque y el entorno propuesto, se realizaron dos tipos de análisis: el efecto en la motivación de los estudiantes para aprender geometría y el rendimiento de los estudiantes.

Para completar el primer análisis, los estudiantes respondieron una encuesta individual. El objetivo de la citada encuesta era conocer los niveles de motivación de los estudiantes en relación con tres elementos: i) el uso de la plataforma Moodle-G, ii) el aprendizaje basado en las herramientas Moodle-G y iii) la interacción social de los estudiantes utilizando Moodle-G. La Figura 3 muestra los principales resultados.

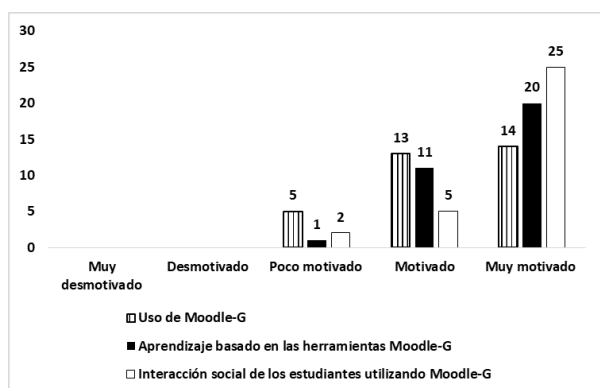


Fig. 3. Niveles de motivación de los estudiantes

Para finalizar el segundo análisis, se realizó una comparación entre las calificaciones finales obtenidas por el grupo de control (N=34) y las calificaciones finales del grupo experimental de estudiantes (N=32). El criterio para indicar aprobado de los estudiantes era completar el curso con una calificación de 3 o más (la calificación del curso es de 1 a 5, donde 5 es el valor máximo). El grupo de control corresponde a los estudiantes de otro cuarto grado (4-1) en la escuela Comfactor. Ambas muestras se compararon utilizando la prueba t. Los resultados obtenidos con esta prueba corroboraron, con un valor de $p = 0.0322$, que existen diferencias significativas entre los grupos. Por ejemplo, los estudiantes que participaron en el grupo experimental obtuvieron un mejor rendimiento (media=3.9) que los estudiantes del grupo de control (media=3.5). La información detallada se puede encontrar en las Tablas IV y V.

TABLA IV. TAMAÑO DE LA MUESTRA; MEDIA; DESVIACIÓN ESTANDAR; MEDIANA; Y VALORES MINIMO Y MAXIMO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRUPO DE CONTROL (4-1) Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL (4-2)

| Grupo | N | Media | Desv. | Mediana | Min | Max |
|--------------------|------|-------|-------|---------|-----|-----|
| Control (4-1) | 34.0 | 3.5 | 0.7 | 4.0 | 2.0 | 4.0 |
| Experimental (4-2) | 32.0 | 3.9 | 0.8 | 4.0 | 2.0 | 5.0 |

TABLA V. TAMAÑO DE LA MUESTRA; MEDIA; DESVIACIÓN ESTANDAR; MEDIANA; Y VALORES MINIMO Y MAXIMO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRUPO DE CONTROL (4-1) Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL (4-2) DISTRIBUIDOS POR GÉNERO (G)

| Grupo | G | N | Media | Desv. | Mediana | Min | Max |
|--------------------|---|------|-------|-------|---------|-----|-----|
| Control (4-1) | F | 17.0 | 3.5 | 0.8 | 4.0 | 2.0 | 4.0 |
| Experimental (4-2) | F | 17.0 | 3.8 | 0.7 | 4.0 | 3.0 | 5.0 |
| Control (4-1) | M | 17.0 | 3.4 | 0.7 | 4.0 | 2.0 | 4.0 |
| Experimental (4-2) | M | 15.0 | 3.9 | 0.8 | 4.0 | 2.0 | 5.0 |

Un resultado interesante fue que los niños obtuvieron un mejor rendimiento (media = 3.9) en el grupo experimental en comparación con las niñas. Mientras que las niñas obtuvieron un mejor rendimiento (media = 3.5) en el grupo de control en comparación con los niños (ver Tabla V).

C. Caso de estudio 2

En el segundo caso de estudio, cuarenta estudiantes de cuarto grado (4-3) se distribuyeron por parejas desde la primera semana durante el primer semestre de 2019. Recibieron instrucciones verbales y escritas sobre cómo trabajar en parejas usando la plataforma Moodle-G para aprender geometría (PLG, aprendizaje en pareja de geometría). Los estudiantes completaron los mismos ejercicios del caso 1.

Cada estudiante de la pareja asumió un papel diferente para cada ejercicio sobre la construcción de sólidos geométricos: i) el "conductor" tomó el control del teclado y utilizó las funcionalidades de Moodle-G: por ejemplo, seleccionar, dibujar y grabar una figura (prisma, pirámide y cuerpo redondo). ii) el "observador" era responsable de analizar cifras, hacer preguntas, encontrar errores, sugerir

soluciones y resolver problemas técnicos relacionados con el uso de la plataforma.

Cada semana, estos estudiantes eran alentados a intercambiar roles. Estas actividades de emparejamiento colaborativo se realizaron durante el laboratorio semanal de dos horas y continuaron en el primer semestre de 2019. Los estudiantes estaban motivados para continuar su colaboración en parejas fuera de los laboratorios para completar ejercicios inacabados. Las habilidades de CT a promover entre los estudiantes se mostraron en la Tabla III de este documento.

Finalmente, el papel del instructor en este caso de estudio consistió en proporcionar instrucciones a los estudiantes, resolver problemas relacionados con el acceso y el uso de la plataforma; y responder preguntas específicas sobre los ejercicios de geometría.

- Resultados y discusión sobre el Caso 2

En este caso, se realizaron dos tipos de análisis: el efecto de la técnica de colaboración (PLG) en el aprendizaje de los estudiantes; y el rendimiento de los estudiantes.

Para completar el primer análisis, los estudiantes respondieron una encuesta individual. El objetivo de esta encuesta fue conocer los niveles de satisfacción de los estudiantes asociados con tres elementos: i) actividades de aprendizaje colaborativo en su rol asignado (conductor), ii) actividades de aprendizaje colaborativo en su rol asignado (observador) y iii) Asistencia del profesor en su proceso de aprendizaje. La Figura 4 muestra los principales resultados.

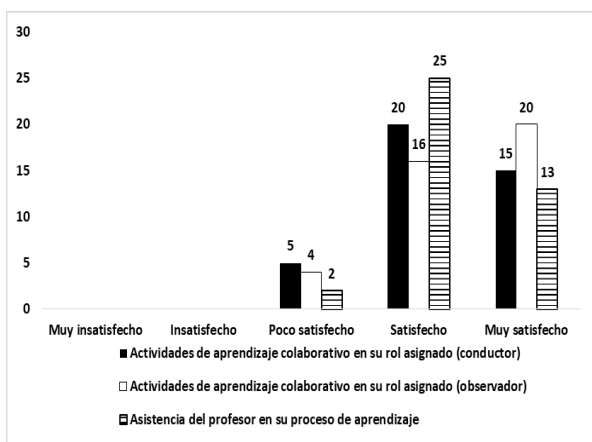


Fig. 4. Niveles de satisfacción de los estudiantes

Como podemos ver, la mayoría de los estudiantes se sintieron más satisfechos cuando desempeñaron el papel de "observadores" que el de "conductores". En este sentido, la mayoría de los estudiantes preferían ayudar al conductor, analizar cifras y sugerir soluciones.

Para completar el segundo análisis, se realizaron dos comparaciones: la primera comparación se realizó entre las calificaciones finales obtenidas por el grupo de control mencionado (N = 34) y las calificaciones finales del grupo experimental (4-3) de estudiantes (N = 40). Ambas muestras se compararon utilizando la prueba t. Los resultados obtenidos con esta prueba corroboraron, con un valor $p = 1.64 \times 10^{-6}$, que existen diferencias significativas entre los grupos. Por ejemplo, los estudiantes que participaron en el grupo experimental (4-3) obtuvieron un mejor rendimiento

(media = 4.4) que los estudiantes del grupo de control (media = 3.5). La información detallada se puede encontrar en las Tablas VI y VII.

TABLA VI. TAMAÑO DE LA MUESTRA; MEDIA; DESVIACIÓN ESTANDAR; MEDIANA; Y VALORES MINIMO Y MAXIMO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRUPO DE CONTROL (4-1) Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL (4-3)

| Grupo | N | Media | Desv. | Mediana | Min | Max |
|--------------------|------|-------|-------|---------|-----|-----|
| Control (4-1) | 34.0 | 3.5 | 0.7 | 4.0 | 2.0 | 4.0 |
| Experimental (4-3) | 40.0 | 4.4 | 0.77 | 4.2 | 2.8 | 5 |

TABLA VII. TAMAÑO DE LA MUESTRA; MEDIA; DESVIACIÓN ESTANDAR; MEDIANA; Y VALORES MINIMO Y MAXIMO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRUPO DE CONTROL (4-1) Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL (4-3) DISTRIBUIDOS POR GÉNERO (G)

| Grupo | G | N | Media | Desv. | Mediana | Min | Max |
|--------------------|---|------|-------|-------|---------|-----|-----|
| Control (4-1) | F | 17.0 | 3.5 | 0.8 | 4.0 | 2.0 | 4.0 |
| Experimental (4-3) | F | 18.0 | 4.2 | 0.75 | 4.2 | 3.1 | 4.8 |
| Control (4-1) | M | 17.0 | 3.4 | 0.7 | 4.0 | 2.0 | 4.0 |
| Experimental (4-3) | M | 22.0 | 4.6 | 0.63 | 4.3 | 3.2 | 5 |

Se realizó una segunda comparación entre las calificaciones finales obtenidas por el grupo (4-2) (N = 32) y las calificaciones finales del grupo experimental (4-3) de estudiantes (N = 40). En este análisis, los estudiantes de cuarto grado (4-2) fueron considerados para esta nueva comparación como grupo de control porque a pesar de que completaron los ejercicios asistidos por la plataforma Moodle-G, en este grupo no se implementó la técnica PLG. Ambas muestras se compararon utilizando la prueba t. Los resultados obtenidos con esta prueba corroboraron, con un valor de $p = 0.0089$, que existen diferencias significativas entre los grupos. Por ejemplo, los estudiantes que participaron en el grupo experimental (4-3) obtuvieron un mejor rendimiento (media = 4.4) que los estudiantes del grupo de control (media = 3.9). La información detallada se puede encontrar en las tablas VIII y IX.

TABLA VIII. TAMAÑO DE LA MUESTRA; MEDIA; DESVIACIÓN ESTANDAR; MEDIANA; Y VALORES MINIMO Y MAXIMO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRUPO DE CONTROL (4-2) Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL (4-3)

| Grupo | N | Media | Desv. | Mediana | Min | Max |
|--------------------|------|-------|-------|---------|-----|-----|
| Control (4-2) | 32.0 | 3.9 | 0.8 | 4.0 | 2.0 | 5.0 |
| Experimental (4-3) | 40.0 | 4.4 | 0.77 | 4.2 | 2.8 | 5.0 |

Un resultado interesante en este segundo caso mostró que los niños obtuvieron un mejor rendimiento en comparación con las niñas tanto en el grupo de control (Media = 3.9) como en el grupo experimental (Media = 4.6) (Ver Tabla IX). Los resultados positivos obtenidos del segundo caso de estudio nos permitieron corroborar que el rendimiento de los estudiantes mejoró mediante la implementación de la técnica PLG.

TABLA IX. TAMAÑO DE LA MUESTRA; MEDIA; DESVIACIÓN ESTANDAR; MEDIANA; Y VALORES MÍNIMO Y MÁXIMO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRUPO DE CONTROL (4-2) Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL (4-3) DISTRIBUIDOS POR GÉNERO (G)

| Grupo | G | N | Media | Desv. | Mediana | Min | Max |
|--------------------|---|------|-------|-------|---------|-----|-----|
| Control (4-2) | F | 17.0 | 3.8 | 0.7 | 4.0 | 3.0 | 5.0 |
| Experimental (4-3) | F | 18.0 | 4.2 | 0.75 | 4.2 | 3.1 | 4.8 |
| Control (4-2) | M | 15.0 | 3.9 | 0.8 | 4.0 | 2.0 | 5.0 |
| Experimental (4-3) | M | 22.0 | 4.6 | 0.63 | 4.3 | 3.2 | 5.0 |

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se presenta una extensión del trabajo publicado en EDUCON2019 con el título “Promoting Computational Thinking skills in primary school students to improve learning of geometry” [5]. Aquí, se muestra una iniciativa de educación STEM. Esta iniciativa presenta un enfoque para mejorar el aprendizaje por medio de la implementación de técnicas de aprendizaje colaborativo.

El enfoque mencionado se basa en el uso de una plataforma como parte de una estrategia de pensamiento computacional (CT) para mejorar el aprendizaje de geometría de los estudiantes de primaria. Se promovieron dos habilidades específicas de CT en los estudiantes: la visualización y el análisis de sólidos geométricos.

En este artículo, se presenta información detallada sobre la implementación de una plataforma llamada Moodle-G. Esta plataforma se utilizó en la Escuela Comfacor, Montería, Colombia, y facilita el diseño de actividades de aprendizaje desde GeoGebra en el sistema Moodle. Además, la literatura revisada se amplió [5] y se describió en la sección de estado del arte de este artículo. Se agregaron dos temas específicos: i) Herramientas de geometría dinámica y ii) Técnicas de aprendizaje colaborativo.

Se han llevado a cabo dos casos de estudio. El primero se realizó con treinta y dos estudiantes de cuarto grado (4-2) en la Escuela Comfacor (Montería, Colombia). Por un lado, los estudiantes realizaron nueve ejercicios asociados con la observación y la selección; y la elaboración y análisis de sólidos geométricos. Por otro lado, el profesor utilizó Moodle-G para proporcionar el material educativo, definir y calificar los ejercicios realizados por los estudiantes.

Se analizó la motivación de los estudiantes y se evidenció que su motivación fue positiva. Específicamente, la mayoría de los estudiantes se sintieron muy motivados con la interacción social facilitada por la plataforma Moodle-G.

Además, se analizó el rendimiento de los estudiantes. Los resultados derivados de este primer caso de estudio corroboran que la implementación del enfoque propuesto mejora el rendimiento de los estudiantes. El segundo caso de estudio fue realizado por cuarenta alumnos de cuarto grado (4-3) en la Escuela Comfacor.

Realizaron los mismos ejercicios realizados por los estudiantes del primer caso de estudio. Y se promovieron las mismas habilidades de CT. Además, se implementó una técnica de colaboración para el aprendizaje de la geometría (PLG, Pair-Learning of Geometry).

La satisfacción de los estudiantes se analizó en el segundo caso. Los principales resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes se sentían satisfechos cuando desempeñaban el papel de "conductor" (tomaron el control del teclado e interactuaron con las funcionalidades de Moodle-G). Sin embargo, la mayoría de los estudiantes se sintieron muy satisfechos cuando desempeñaron el papel de "observador" (asistieron al anterior). Estos resultados corroboraron que se fomentaron las habilidades de CT y, específicamente, se mejoraron las habilidades de análisis de datos de los estudiantes. Los estudiantes se sintieron muy satisfechos al analizar figuras geométricas, sugerir soluciones, etc., cuando trabajaban en grupo.

También se analizó el rendimiento de los estudiantes. En este caso, se hicieron dos comparaciones. Los resultados de ambas comparaciones mostraron que el rendimiento de los estudiantes mejoró. Esto nos permitió concluir que se mejoró el aprendizaje de la geometría. Además, se obtuvieron mejores resultados cuando los estudiantes aprendieron de manera colaborativa gracias a la estrategia PLG.

Como trabajo futuro, proponemos, por un lado, mejorar el entorno a través de la integración de una herramienta de trabajo colaborativo en línea. Y, por otro lado, realizar otros estudios con el objetivo de analizar: i) aspectos colaborativos asociados con el aprendizaje de la geometría, por ejemplo, las actitudes de los estudiantes cuando aprenden en grupo, y ii) la promoción de otras habilidades de CT. Intentaremos evaluarlos haciendo otros estudios de investigación con profesores y estudiantes de varias escuelas colombianas que participaron en el análisis exploratorio de datos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por la UPB Montería a través del proyecto 018-03/16-SI007 y por el Gobierno regional de la Comunidad de Madrid, España, a través del proyecto e-Madrid-CM (P2018 / TCS-4307). El proyecto e-Madrid-CM a su vez está cofinanciado por los Fondos estructurales FSE y FEDER. Queremos agradecer especialmente a la escuela Comfacor de Montería por su activa participación en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] D. Weintrop et al., “Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 25, no. 1, pp. 127–147, 2016.
- [2] S. I. Swaid, “Bringing Computational Thinking to STEM Education,” *Procedia Manuf.*, vol. 3, pp. 3657–3662, 2015.
- [3] A. M. Seoane-Pardo, “Computational thinking beyond STEM: an introduction to ‘moral machines’ and programming decision making in ethics classroom,” in *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality - TEEM '16*, 2016, pp. 37–44.
- [4] J. Weese and R. Feldhausen, “STEM outreach: Assessing computational thinking and problem solving,” in *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2017.
- [5] L. Echeverría, R. Cobos, M. Morales, F. Moreno, and V. Negrete, “Promoting computational thinking skills in primary school students

- to improve learning of geometry,” in IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2019, vol. April-2019, pp. 424–429.
- [6] T. Kösa and F. Karakuş, “Using dynamic geometry software Cabri 3D for teaching analytic geometry,” in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2010, vol. 2, no. 2, pp. 1385–1389.
 - [7] K. Jones, “Learning geometrical concepts using dynamic geometry software,” *Math. Educ. Res.*, pp. 50–58, 2001.
 - [8] D. Scher, “Lifting the Curtain: The Evolution of the Geometer’s Sketchpad,” *Math. Educ.*, vol. 10, no. 2, pp. 42–48, 2000.
 - [9] F. Almeqdadi, “The effect of using the Geometer’s Sketchpad (GSP) on jordanian students’ understanding of geometrical concepts,” *Proc. Int. Conf. Technol. Math. Educ.*, pp. 163–169, 2000.
 - [10] H. Kaufmann, “Dynamic differential geometry in education,” *J. Geom. Graph.*, vol. 13, no. 2, pp. 241–254, 2009.
 - [11] “Archimedes Geo3D.” [Online]. Available: <http://raumgeometrie.de/drupal/en/node/1>. [Accessed: 12-Aug-2019].
 - [12] J. Sack and I. Vazquez, “The Geocadabra Construction Box Dynamic Geometry Interface,” 2016, pp. 19–27.
 - [13] J. Sack and I. Vazquez, “Geocadabra Construction Box: A dynamic geometry interface within a 3D visualization teaching-learning trajectory for elementary learners (Invited Article),” *Mevlana Int. J. Educ.*, vol. 3, no. 3, pp. 25–35, 2013.
 - [14] U. KORTENKAMP and J. RICHTER-GEBERT, “MAKING THE MOVE: THE NEXT VERSION OF CINDERELLA,” 2008, pp. 208–216.
 - [15] H. Burgiel, J. Richter-Gebert, and U. H. Kortenkamp, “The Interactive Geometry Software Cinderella,” *Am. Math. Mon.*, vol. 107, no. 8, p. 760, 2006.
 - [16] H. Fernandes, S. Ducasse, and T. Carron, “DR. GEO II: Adding interactivity planes in interactive dynamic geometry,” in *Proceedings - Fifth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing, C5 2007*, 2006, pp. 153–160.
 - [17] H. Fernandes and A. Centomo, “Manuale di Dr. Geo.” [Online]. Available: <https://sodilinux.itd.cnr.it/sdl6x2/documentazione/drgeo/drgenius.pdf>. [Accessed: 08-Aug-2019].
 - [18] M. Hohenwarter and K. Fuchs, “Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra,” *Comput. Algebr. Syst. Dyn. Geom. Syst. Math. Teach. Conf.* 2004, vol. 2002, no. July, pp. 1–6, 2005.
 - [19] N. Arbain and N. A. Shukor, “The Effects of GeoGebra on Students Achievement,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 172, pp. 208–214, 2015.
 - [20] M. Hohenwarter, J. Hohenwarter, Y. Kreis, and Z. Lavicza, “Teaching and calculus with free dynamic mathematics software GeoGebra,” *11th Int. Congr. Math. Educ.*, pp. 1–9, 2008.
 - [21] N. Nagappan et al., “Improving the CS1 experience with pair programming,” *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 35, no. 1, pp. 359–362, 2003.
 - [22] D. Teague and P. Roe, “Collaborative learning - towards a solution for novice programmers,” *Conf. Res. Pract. Inf. Technol. Ser.*, vol. 78, pp. 147–153, 2008.
 - [23] D. Teague and P. Roe, “Learning to program: From pear-shaped to pairs,” in *1st International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2009)*, 2009, vol. 2, pp. 151–158.
 - [24] B. J. da Silva Estácio and R. Prikladnicki, “Distributed Pair Programming: A Systematic Literature Review,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 63, pp. 1–10, 2015.
 - [25] L. Williams, E. Wiebe, K. Yang, M. Ferzli, and C. Miller, “In Support of Pair Programming in the Introductory Computer Science Course,” *Comput. Sci. Educ.*, vol. 12, no. 3, pp. 197–212, 2002.
 - [26] S. Jun, S. Kim, and W. Lee, “Online Pair-Programming for Learning Programming of Novices,” *WSEAS Trans Adv Eng Educ Greece*, vol. 4, no. 9, pp. 187–92, 2007.
 - [27] S. Olalekan and I. Babatunde, “Collaborative Learning of Computer Programming: An Empirical Study of its Effects, Problems and Prospects in an Introductory Java Programming Class.” 2013.
 - [28] M. De Jonge, E. Visser, and J. Visser, “Collaborative Software Development,” 2001.
 - [29] D. D. Phuong, F. Harada, and H. Shimakawa, “Collaborative learning environment to improve novice programmers with convincing opinions in computer room,” *Int. Conf. Intell. Netw. Collab. Syst. INCoS 2009*, pp. 61–66, 2009.
 - [30] F. Jurado et al., “Learning to Program with COALA, a Distributed Computer Assisted Environment,” *J. Univers. Comput. Sci.*, vol. 15, no. 7, pp. 1472–1485, 2009.
 - [31] J. M. Wing, “Computational thinking,” *Commun. ACM*, vol. 49, no. 3, p. 33, 2006.
 - [32] J. A. Qualls and L. B. Sherrell, “Why Computational Thinking Should Be Integrated Into the Curriculum,” *J. Comput. Sci. Coll.*, vol. 25, no. 5, pp. 66–71, 2010.
 - [33] L. Wolf, A. Yadav, J. Good, M. Margaritis, and M. Berges, “Computer Science (CS) and Computational Thinking (CT) International Perspectives on Developing Student and Teacher Competencies,” in *SITE–Society for Information Technology and Teacher Education*, 2015, pp. 7633–7636.
 - [34] V. Barr and C. Stephenson, “Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community?,” *ACM Inroads*, vol. 2, no. 1, pp. 48–54, 2011.
 - [35] G. Michaelson, “Teaching Programming with Computational and Informational Thinking,” *J. Pedagog. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 51–65, 2015.
 - [36] G. Gadanidis, “Five Affordances of Computational Thinking to support Elementary Mathematics Education,” *Jl. Comput. Math. Sci. Teach.*, vol. 36, no. 2, pp. 143–151, 2017.
 - [37] G. Gadanidis, J. M. Hughes, L. Minniti, and B. J. G. White, “Computational Thinking, Grade 1 Students and the Binomial Theorem,” *Digit. Exp. Math. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–96, 2017.
 - [38] H. C. Chuang, C. F. Hu, C. C. Wu, and Y. T. Lin, “Computational Thinking Curriculum for K-12 Education--A Delphi Survey,” in *2015 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering, LaTiCE 2015*, 2015, pp. 213–214.
 - [39] J. J. Lu and G. H. L. Fletcher, “Thinking about computational thinking,” *ACM SIGCSE Bull.*, vol. 41, no. 1, p. 260, 2009.
 - [40] L. Seiter and F. Brendan, “Modeling the Learning Progressions of Computational Thinking of Primary Grade Students,” in *9th Annual International ACM Conference on International Computing Education Research (ICER 2013)*, 2013, pp. 59–66.
 - [41] M. Á. Conde, C. Fernández-Llamas, F. J. Rodríguez-Sedano, Á. M. Guerrero-Higueras, V. Matellán-Olivera, and F. J. García-Peñalvo, “Promoting Computational Thinking in K-12 students by applying unplugged methods and robotics,” in *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality - TEEM 2017*, 2017, pp. 1–6.
 - [42] L. Perković, A. Settle, S. Hwang, and J. Jones, “A framework for computational thinking across the curriculum,” in *Proceedings of the fifteenth annual conference on Innovation and technology in computer science education - ITiCSE '10*, 2010, p. 123.
 - [43] L. Echeverría, R. Cobos, L. Machuca, and I. Claros, “Using collaborative learning scenarios to teach programming to non-CS majors,” *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 25, no. 5, pp. 719–731, 2017.
 - [44] M. Fasiyoddin and H. Naeem, “Integrating New Technologies and Tools in Teaching and Learning of Mathematics: An Overview,” *J. Comput. Math. Sci.*, vol. 7, no. 3, pp. 122–129, 2016.
 - [45] K. K. Bhagat and C. Y. Chang, “Incorporating GeoGebra into geometry learning-A lesson from India,” *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 11, no. 1, pp. 77–86, 2015.
 - [46] T. H. DeClue, “Pair programming and pair trading: effects on learning and motivation in a CS2 course,” *J Comput Small Coll*, vol. 18, no. 5, pp. 49–56, 2003.
 - [47] B. Hanks, S. Fitzgerald, R. McCauley, L. Murphy, and C. Zander, “Pair programming in education: a literature review,” *Comput. Sci. Educ.*, vol. 21, no. 2, pp. 135–173, 2011.
 - [48] L. Hattori and M. Lanza, “Syde: a tool for collaborative software development,” *2010 ACM/IEEE 32nd Int. Conf. Softw. Eng.*, vol. 2, pp. 235–238, 2010.
 - [49] C. R. Graham, “Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions,” in *Handbook of blended learning Global perspectives local designs*, 2006, pp. 3–21.
 - [50] V. Negrete and F. Moreno, “Fortalecimiento de la capacidad de pensamiento computacional de los estudiantes de grado 4 de primaria

mediante la implementación y uso de un aplicativo WEB,” Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana, 2018.

[51] “Geogebra,” 2018. [Online]. Available: <https://www.geogebra.org/?lang=es>. [Accessed: 28-Feb-2018].

[52] “Moodle,” 2019. [Online]. Available: <https://moodle.org/>. [Accessed: 03-May-2019].



Leovy Echeverría Rodríguez es Doctora en Ingeniería Informática y de Telecomunicación desde 2017 por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), España. Es profesora Titular en la Facultad de Ingeniería Electrónica en la Universidad

Pontificia Bolivariana Seccional Montería, Colombia. Sus principales áreas de investigación son: aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (CSCL), aprendizaje mixto, E-assessment, analíticas de aprendizaje y pensamiento computacional.



Ruth Cobos Pérez es Doctora en Ingeniería Informática desde 2003 por la Universidad Autónoma de Madrid. Es Profesora Titular de Universidad en el departamento de Ingeniería Informática en la UAM. Como delegada del Rector para Tecnologías de la Educación (2014-2016) desempeñó la misión de poner

en marcha los MOOCs de la UAM en EdX, dirigiendo la

oficina UAMx. Es miembro de la Red de investigación e-Madrid para e-Learning y de la Red Nacional de Analítica de Aprendizaje (SNOLA). Sus principales áreas de investigación son: Aprendizaje social, aprendizaje mixto, analíticas de aprendizaje, MOOCs, SPOCs, procesamiento del lenguaje natural, análisis de sentimientos y tecnologías educativas.



Mario Alfonso Morales Rivera es Magister en Ciencias Estadística desde 2008 por la Universidad Nacional de Colombia (UN), Colombia. Es profesor Titular en la Facultad de Ciencias Básicas en la Universidad de Córdoba, Colombia.

Sus principales áreas de investigación son: análisis de datos, modelos estadísticos, estadística computacional y minería de datos.