



Aprendiendo programación de computadores a partir de STEAMRW en ingeniería de sistemas

Learning programming computer using STEAMRW in Systems Engineering

Omar Iván Trejos Buriticá ¹, Luis Eduardo Muñoz Guerrero ²

Fecha de Recepción: 27 de febrero de 2020

Fecha de Aceptación: 20 de noviembre de 2022

Cómo citar: Trejos-Buriticá, O. I., Muñoz-Guerrero, L. E. (2023). Aprendiendo programación de computadores a partir de STEAMRW en ingeniería de sistemas. *Tecnura*, 27(76), 95-110. <https://doi.org/10.14483/22487638.15985>

Resumen

Objetivo: El propósito de la investigación consiste en comparar, a partir de los datos tanto cuantitativos como cualitativos, el aporte de la estrategia STEAMRW al proceso de aprendizaje de la programación de computadores.

Métodología: En el presente artículo se exponen los resultados obtenidos en dos cursos paralelos de programación a lo largo de tres años. En uno de ellos se adoptó la metodología STEAM con lectoescritura (RW) activa y constante, y en el otro se impartió el curso a partir de la metodología tradicional de enseñanza universitaria.

Resultados: Según los hallazgos, la metodología STEAMRW le provee al estudiante una serie de competencias allende el simple conocimiento temático y que son determinantes para el desarrollo de su perfil profesional en el siglo XXI.

Conclusiones: Se concluye que es muy conveniente que se capacite a los docentes ingenieros de programas de Ingeniería para que comprendan la dimensión de esta metodología, y las ventajas a las cuales pueden acceder desde la perspectiva del aprendizaje por parte de sus alumnos.

Financiación: Proyecto de investigación sin financiación.

Palabras clave: aprendizaje, ingeniería, paradigma, programación, STEAMRW.

Abstract

Objective: The purpose of the research was to compare, from both quantitative and qualitative data, the use of STEAMRW in the learning computer programming process in Systems Engineering.

¹Ingeniero de Sistemas, Especialista en Instrumentación Física, M. Sc. en Comunicación Educativa, Ph. D. en Ciencias de la Educación. Docente titular de planta, investigador sénior de Colciencias. Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira (Colombia). Email: omartrejos@utp.edu.co

²Ingeniero de Sistemas, M. Sc. en Ingeniería de Sistemas, Ph. D. en Ciencias de la Educación. Docente de planta, investigador júnior de Colciencias. Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira (Colombia). Email: lemunozg@utp.edu.co

Methodology: This article shows the results of a research made in an Engineering program in two parallel computer programming courses over three years. In one of them the STEAM methodology was adopted complementing with active and constant Reading / Writing (RW) strategy and in the other course, this was taught based on the traditional methodology of university teaching.

Results: The findings demonstrate that the STEAMRW methodology provides the student with a series of competencies that go beyond simple thematic knowledge and are decisive for improve their professional skills in the 21st century.

Conclusions: It is concluded that it is very convenient for teachers of engineering programs to be trained in it so that they understand the dimension of this methodology and the advantages they can access from the perspective of learning by their students.

Financing: This is a Project without financing.

Keywords: Engineering, learning, paradigm, programming, STEAMRW.

Tabla de contenidos

	Página
Introducción	97
Marco teórico	99
Metodología	102
Resultados	103
Discusión	103
Conclusiones	108
Referencias	108

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas de los programas de Ingeniería en Colombia radica en la ausencia de alta capacitación de los docentes ingenieros en teorías, modelos, estrategias y actividades que, heredadas de las ciencias de la educación ([Acosta Flores, 2003](#)), posibiliten un aprendizaje mejor, más efectivo y en el cual se cristalicen por un camino más expedito todos los esfuerzos que, al respecto, hagan los docentes ([Padilla Escorcía, 2022](#)). Una de las metodologías que han sido exitosas se conoce como STEAM, que corresponde al acrónimo de *science, technology, engineering, arts and maths*, y que se complementa con una lectura/escritura (*reading and writing*, RW) activa y permanente.

El objetivo de la presente investigación consiste en establecer un comparativo entre el aporte que le provee al estudiante de Ingeniería de Sistemas la metodología STEAMRW, en relación con la de enseñanza tradicional, mayoritariamente adoptada por los docentes ingenieros. Este comparativo se realizó a la luz de dos enfoques investigativos: el cuantitativo (a través de talleres calificables, evaluaciones, exámenes breves, y parciales) y el cualitativo (a través de la observación, diálogo con los estudiantes y análisis de avances a partir de dudas que los mismos alumnos exponen).

La novedad de este artículo se podría resumir en tres ítems: a) el hecho de que este proceso sea liderado por un ingeniero con Doctorado en Ciencias de la Educación, perfil que cada vez más se va convirtiendo en una necesidad para los programas de Ingeniería; b) la investigación educativa en el aula en programas de Ingeniería, hecho que es poco usual debido al fortalecimiento del perfil técnico y tecnológico de los docentes ingenieros y a la poca atención que se le presta al perfil docente y pedagógico de ellos mismos, y c) la adopción de una metodología de gran modernidad que posibilita el desarrollo de habilidades y competencias que en el siglo XXI son muy necesarias y en la resolución de los nuevos problemas y los nuevos escenarios que van apareciendo a partir de los acelerados cambios del mundo actual.

La investigación se justificó debido a que cada vez son más los programas de Ingeniería de Sistemas que forman parte de la oferta profesional universitaria en Colombia, lo cual se refleja en el incremento de la preferencia de este programa, según el informe 2018 del Ministerio de Educación Nacional (MEn, 2016). A esto se suma la necesidad del mundo moderno de capacitar a los docentes ingenieros en teorías, modelos, metodologías y estrategias que faciliten el aprendizaje, y que estén en sintonía con el incremento del conocimiento alrededor de un campo tan amplio (y cada vez más amplio) como el de la ingeniería.

Desde la formulación de la teoría del aprendizaje significativo por David Paul Ausubel (Ausubel, 2012), pasando por el aprendizaje por descubrimiento (Bruner, 2009) hasta llegar a la metodología STEAMRW (Watson y Watson, 2013), son muestras de la gran preocupación del ser humano, de la investigación científica y del aporte de las ciencias de la educación en la búsqueda de caminos más sencillos y expeditos para que se logren mejores resultados en procesos de aprendizaje (Trejos y Muñoz, 2022), y que a su vez minimicen o mantengan los esfuerzos que, al respecto, realicen los docentes en diferentes áreas.

Este artículo es un producto del proyecto de investigación código 6-16-13 avalado por la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Toda la información y los datos recogidos fueron obtenidos en el aula como trabajo de campo en los cursos Programación I y Programación II, de Ingeniería de Sistemas y Computación, de la UTP. La investigación se llevó a cabo durante los semestres I y II de los años 2017, 2018 y 2019. En su estructura, el artículo se ajusta al formato IMRYD que incluye una introducción (con un marco teórico), la metodología y los resultados obtenidos, de donde se derivan una discusión y sus respectivas conclusiones.

MARCO TEÓRICO

Las estrategias metodológicas para enseñar y aprender que se adoptan en cualquier ciclo de formación tienen, normalmente, un fundamento teórico que les subyace y que les permite contar con elementos de juicio para evaluar los logros y los alcances del proceso en sí (De Zubiría, 2007). Aprender implica un cambio importante en la base cognitiva del cerebro a partir del cual se reemplazan, o se fortalecen, unos conocimientos con otros (Llanos Mosquera, 2021). Esto hace que la formación profesional en cualquier carrera universitaria deba contar con una capacitación de los docentes, de manera que capitalicen, de la mejor de las formas, las teorías, modelos, estrategias y actividades que hacen realidad dichas teorías en el aula (Bruner, 2006).

La formación en ingeniería no es la excepción y, por tanto, es de esperarse que los docentes ingenieros (que normalmente están más ocupados con el conocimiento disciplinar que con el conocimiento pedagógico) también conozcan estas teorías y sus modelos asociados, para que los esfuerzos que emprenden desde sus propias experiencias docentes sean efectivos, en función del aprendizaje de los alumnos, es decir, que estos aprendan más en menor tiempo, con mayor efectividad y con una recordación a largo plazo (Annanth, 2016, Ladino Moreno *et al.*, 2021).

La teoría del aprendizaje significativo privilegia el significado del conocimiento y concibe este como el conjunto de saberes que se derivan y se relacionan con aquello que el estudiante ya sabe (Ausubel, 2010). Por esta razón se parte de que es mucho más sencillo aprender aquel conocimiento que tiene significado para el estudiante que aquel que no lo tiene, y por tal motivo establece que el aprendizaje se fundamenta en el conocimiento previo (todos aquellos saberes académicos y vivenciales que el estudiante ya trae previos al proceso de aprendizaje), el nuevo conocimiento (todos aquellos saberes que para el estudiante son nuevos y los que, en general, no necesariamente lo son) y la actitud del estudiante (que incluye motivación y capacidad de relacionar conocimientos previos con nuevos conocimientos). Es de anotar que en el factor motivacional cuenta, posiblemente más que en cualquier otro componente, el trabajo que al respecto realice el docente.

Por su parte, la teoría del aprendizaje por descubrimiento establece que el ser humano aprende mejor todo aquello que este descubre, con sus propios conocimientos y acudiendo a sus propias conclusiones (Basogain Olabe *et al.*, 2015). En el aprendizaje por descubrimiento cobran gran importancia la contextualización, la apropiación y la evaluación del conocimiento como parte del proceso de asimilación. A la luz de esta teoría, se plantea la necesidad de que el docente se ocupe de definir un conjunto de premios y castigos que sea coherente que le permitan al estudiante ver retos alcanzables y castigos justos.

Estas dos teorías, y sus teorías derivadas, han facilitado la concepción de la metodología STEAMRW. Esta propone que el conocimiento no solo se base en el saber disciplinar, sino que

también se consideren aquellas otras componentes del saber que le permitirán al futuro profesional (hoy, estudiante) articularse apropiadamente con la sociedad contemporánea dentro del marco de los nacientes escenarios y de las nuevas necesidades (Yakman y Lee, 2012).

La concepción de STEAM proviene del acrónimo de *science, technology, engineering, arts and maths* y propone que un estudiante universitario debiera poder relacionar el conocimiento disciplinar con cada una de estas áreas, de forma que sepa qué sabe, sepa cómo se relaciona con otras ciencias, sepa la génesis y aplicación del conocimiento y pueda tener un panorama claro de la perspectiva de dicho conocimiento de cara al futuro.

El acrónimo, en detalle, implica tener en cuenta que:

- *Science*: proviene de *ciencia* e involucra el conocimiento de los cambios, a lo largo del tiempo, de aquellos modelos matemáticos que han soportado, en este caso específico, la programación de computadores, lo cual incluye el desarrollo tanto del *hardware* como del *software*, los entornos de desarrollo y los lenguajes de programación, desde una perspectiva histórica aplicada, es decir, teniendo en cuenta cómo han ido cambiando las necesidades y, con ellas, la concepción del ser humano en pos de resolverlas.
- *Technology*: su traducción al español es *tecnología* e implica el conocimiento detallado del estado del arte y las condiciones modernas que subyacen a un lenguaje de programación, tanto en sus posibilidades tecnológicas como en sus fundamentos conceptuales y en sus aplicaciones. Así mismo deberá tener en cuenta los recursos con los cuales cuenta un determinado lenguaje de programación, el paradigma de programación que lo sustenta y las utilidades que han sido desarrolladas para facilitar el trabajo de los programadores.
- *Engineering*: significa *ingeniería* e involucra la aplicación plena del conocimiento tecnológico dentro del contexto de la resolución de las necesidades del mundo moderno, teniendo en cuenta los nuevos escenarios, formas de interacción y problemas que surgen por el avance y penetración de la tecnología en la sociedad de hoy. También implica la apropiación y aplicación, mínimamente, de una metodología que posibilite la solución de un problema computable (aquellos que pueden resolverse con la participación de un computador), así como la relación y posibilidades de la metodología con el problema como tal, su impacto social, económico, político y cultural.
- *Arts*: que se traduce como *artes* implica una concepción estética desde la perspectiva de la evolución de la tecnología y la ingeniería, su relación con el mundo, las implicaciones que ha tenido con dicho mundo y las transformaciones que ha generado tanto en el entorno como en la concepción cultural del ser humano. De la misma manera, *arts* supone una relación con las nuevas formas de expresión artística moderna y, con ello, una visualización de los posibles cambios estéticos de la sociedad que podrían derivarse del uso de los recursos tecnológicos en la vida normal.

- *Maths*: involucra a las *matemáticas* y esto invita a que el estudiante conozca, con buen nivel de detalle, tanto el modelo matemático (o paradigma de programación) que subyace al lenguaje de programación, los modelos que han existido a lo largo del tiempo y la proyección de dichos modelos en función de posibles escenarios nuevos que aparezcan en el futuro y para los cuales la tecnología ha de estar completamente adecuada. Las matemáticas involucran aplicación, utilidad y ciencia como herencia de las ciencias básicas en la concepción del estudiante de ingeniería moderna desde los primeros semestres hasta los últimos de su proceso de formación.

Toda esta metodología se fortalece con procesos de lectura y escritura, intensos y constantes. De allí el porqué el colofón del acrónimo es RW (*reading and writing*) que implica habituar al estudiante de ingeniería a leer y escribir. Leer implica hacerlo a la luz de las nuevas formas que han surgido con los nuevos recursos tecnológicos. También, supone adquirir una disciplina que permita no solo acceder a la información que llega por diferentes medios visuales, auditivos o multimediales, sino que esta se pueda aplicar y relacionar con los conocimientos disciplinares, teniendo en cuenta que no solo son estos el motivo para leer, sino que el ingeniero moderno también debe leer, en su proceso de formación, desde los clásicos hasta los escritores contemporáneos; desde el saber tradicional que ha evolucionado con la sociedad hasta los nuevos saberes en diferentes áreas.

Escribir, que correspondería a la contraparte, es una competencia de alta importancia en tiempos modernos, puesto que lo que queda en cualquier área de conocimiento no es lo que se sabe, sino lo que queda escrito, y despertar la pluma de los estudiantes de ingeniería es el camino más directo para que sus aportes perduren, a la luz del estilo de redacción científica, y para que el conocimiento crezca a partir de su propia retroalimentación.

En cuanto a las bases epistemológicas de la metodología STEAMRW se exponen a continuación algunas de ellas:

- *Science*: aproximarse al conocimiento de los aportes y la evolución de la ciencia posibilita una comprensión más real de sus posibilidades en la sociedad de cara al corto, mediano y largo plazo (Cao, 2018).
- *Technology*: aplicar, usar y retroalimentar la tecnología constituye una competencia de gran importancia en el mundo moderno, dada la alta penetración de dispositivos y servicios tecnológicos e informáticos (Johnson y Wetmore, 2008).
- *Engineering*: interactuar con los conocimientos disciplinares de una ingeniería que constituyen ese corpus que la justifica corresponde a uno de los grandes objetivos a alcanzar dentro del proceso de aprendizaje y formación de ingenieros (Bugliarello, 2002).
- *Arts*: aproximarse al arte favorece una aproximación a la evolución del ser humano, sus diferentes formas de pensar, de concebir su entorno, de interactuar y cambiar sus realida-

des y sus contextos, de conocer un poco sus fantasías y sus creaciones y de poder analizar los cambios que en el futuro podrían presentarse en la sociedad ([Araya Alemparte, 2017](#)).

- *Maths*: el camino más expedito para capitalizar y aprovechar las posibilidades que ofrece un modelo matemático sistematizado a través de un paradigma de programación es el conocimiento de los elementos de juicio matemáticos que subyacen a sus conceptos, teorías y aplicaciones ([Boyer, 2010](#)).
- *Reading and writting*: dos competencias necesarias en el mundo moderno, tanto para que el profesional siglo XXI conozca y apropie la evolución del conocimiento, como para que sus aportes a dicho conocimiento puedan dejar una huella de retroalimentación de cara al futuro ([Estrada Esponda, 2017](#), [Lindsay, 2011](#)).

METODOLOGÍA

Para desarrollar esta investigación se procedió de la siguiente forma:

- Se seleccionó un periodo de tiempo de tres años (equivalente a seis semestres) para realizar la investigación de campo en el aula. Estos tres años involucraron 2017, 2018 y 2019 en sus respectivos semestres I y II.
- Por cada semestre se escogieron dos grupos de programación. Se seleccionaron dos cursos de la asignatura Programación I, y en el II semestre dos cursos de Programación II. La selección de los cursos se realizó sobre los que le fueron asignados al docente autor de la presente investigación.
- Se realizó un diseño curricular de la asignatura Programación I y Programación II de manera que se mantuviera temáticamente dentro de los linderos conceptuales establecidos por el comité curricular de Ingeniería de Sistemas y Computación y, al mismo tiempo, se mantuvo el contenido original del curso. El contenido alternativo se construyó teniendo en cuenta el marco conceptual de la estrategia STEAMRW.
- Con uno de los cursos se aplicó el contenido original y la metodología tradicional de enseñanza y aprendizaje de la programación, tanto en Programación I como en Programación II, y con el otro se adoptó el que se rediseñó, tomando como base STEAMRW.
- En ambos cursos se programaron evaluaciones parciales cada cuatro semanas que se realizaron en las semanas 4.^a, 8.^a y 12.^a para tres evaluaciones parciales durante el semestre, cada una con peso porcentual del 20 % sobre la nota definitiva.

- Las evaluaciones parciales, en ambos grupos paralelos, se realizaron a la misma hora y bajo las mismas condiciones. El contenido de dichas evaluaciones parciales fue el mismo para ambos grupos, con el ánimo de realizar los análisis comparativos pertinentes.
- La estrategia STEAMRW formó parte de los elementos adicionales con los cuales se pretendió fortalecer el trabajo académico en el curso en el cual no se adoptó frontalmente STEAMRW. De esta forma, se procuraba el espacio para que los alumnos llegaran en las mismas condiciones de conocimiento a cada una de las evaluaciones parciales.
- El examen final tuvo un peso del 30 % sobre el total de la nota definitiva y también se realizó en ambos cursos en las mismas condiciones y con el mismo contenido.
- El restante 10 % que faltaba para completar el 100 % de la nota definitiva se asumió como una nota apreciativa con un valor cuantitativo de 5,0, como factor motivacional para los estudiantes.
- La tabla 1 presenta, a grandes rasgos, la comparación entre el contenido de la asignatura Programación I en su estado original, es decir, tal como lo formalizó el comité curricular, y el contenido de la misma asignatura bajo los lineamientos de la estrategia STEAMRW. De esta forma se realizó un trabajo equivalente con la asignatura Programación II.

Como se puede observar, el contenido oficial de la asignatura Programación I está inmerso en la propuesta de contenido STEAMRW, ampliando y fortaleciendo los conceptos que se consideren pertinentes.

RESULTADOS

En la tabla 2 se expone la cantidad de estudiantes que participaron en la investigación.

Se ha calculado el promedio cuantitativo de los cursos de forma que se haga más sencillo tanto el tratamiento como las inferencias que se deriven. La tabla 3 detalla el comparativo de las pruebas parciales.

La tabla 4 muestra los datos de la evaluación final en cada semestre.

DISCUSIÓN

Alrededor de la adopción de la estrategia STEAMRW existen varias razones que favorecen el aprendizaje de la programación. Algunas reflexiones al respecto, abiertas a la discusión, se exponen a continuación. El estudio de la ciencia (*science*) permite al estudiante conocer la forma como el conocimiento científico ha estado a disposición del ser humano, y propende a ser el fundamento para la solución de muchos de los problemas de la sociedad moderna. Por su

Tabla 1. Comparativo contenido Programación I

Semanas	Contenido oficial	Contenido STEAMRW
1 ^a – 4 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la Programación. • Programación funcional. • El concepto de función. • Funciones de interfaz. • Funciones de Cálculo. • Un programa funcional. 	<p>S – El desarrollo histórico del hardware. T – El IDE de Racket. E – Funciones, Tipos y Programación Funcional. A – Funciones de Interfaz. M – Principios de Cálculo Lambda. R – “La magia de lo simple”. W – Resumen de lo visto.</p>
5 ^a – 8 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Notación Prefija. • Operadores Matemáticos. • Operadores Relacionales. • Operadores Lógicos. • Condicionales. • Validación de Datos. 	<p>S – Características de un computador. T – Evaluación de Expresiones. E – Notación Prefija, Operadores y Condicionales. A – La decisión como expresión de arte. M – Condicionales y Cálculo Lambda. R – Entornos Digitales y Arte Contemporáneo. W – Resumen de lo visto.</p>
9 ^a – 12 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones Recursivas. • Recursividad 1.er nivel. • Recursividad 2.º nivel. • Recursividad 3.er nivel. • Ciclos e Iteraciones. • Cálculos Repetitivos. 	<p>S – El hardware redundante. T – Los procesos iterativos. E – Recursividad y Funciones Recursivas. A – Escher. M – Expresiones Matemáticas Recursivas. R – Mobius, Escher, Pascal y Napier. W – Resumen de lo visto.</p>
13 ^a – 16 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Conjuntos de Datos. • Listas. • Vectores. • GUI. • Programas Completos. • Utilidades. • Aplicaciones. 	<p>S – Hardware y Dispositivos. T – Conjuntos de Datos. E – Listas y Vectores. A – GUI. M – Human Computer Interface. R – Diseño e Interacción Comput. – Hombre. W – Resumen de lo visto.</p>

parte, la tecnología (*technology*) le aporta al estudiante el conocimiento de los fundamentos de programación desde la perspectiva de la ciencia.

Tabla 2. Estudiantes involucrados

Año	Semestre	Asignatura	Estudiantes con contenido oficial	Estudiantes con contenido STEAMRW	Total
2017	I	Programación I	19	23	42
	II	Programación II	20	21	41
2018	I	Programación I	22	23	45
	II	Programación II	21	21	42
2019	I	Programación I	22	20	42
	II	Programación II	23	22	45
Total			127	130	257

Tabla 3. Resultados comparativos. Evaluaciones parciales

Año	Semestre	Evaluación parcial	Curso con contenido oficial	Curso con contenido STEAMRW	Diferencia
2010	I	1.º	3,5	4,4	0,9
		2.º	3,8	4,3	0,5
		3.º	3,3	4,6	1,3
	II	1.º	3,4	4,3	0,9
		2.º	3,5	4,5	1,0
		3.º	3,5	4,4	0,9
2011	I	1.º	3,2	4,8	1,6
		2.º	3,6	4,7	1,1
		3.º	3,3	4,6	1,3
	II	1.º	3,4	4,6	1,2
		2.º	3,3	4,5	1,2
		3.º	3,1	4,6	1,5
2019	I	1.º	3,5	4,5	1,0
		2.º	3,5	4,3	0,8
		3.º	3,4	4,4	1,0
	II	1.º	3,6	4,7	0,9
		2.º	3,7	4,8	0,9
		3.º	3,6	4,6	1,0
Promedios			3,5	4,5	1,1

Tabla 4. Resultados cuantitativos. Evaluación final

Año	Semestre	Curso con contenido oficial	Curso con contenido STEAMRW	Diferencia
2017	I	3,6	4,3	0,7
	II	3,2	4,5	1,3
2018	I	3,5	4,6	1,1
	II	3,3	4,4	1,1
2019	I	3,2	4,8	1,6
	II	3,4	4,7	1,3
Promedios		3,4	4,6	1,2

Estudiar la Ingeniería (*engineering*) de Sistemas, que es el caso que aquí concierne, es la esencia misma del proceso de formación que implica la oferta de este programa académico, y podría decirse que es la espina dorsal del conocimiento disciplinar que justifica los esfuerzos pedagógicos, temáticos y académicos en pro de la apropiación del saber ingenieril. El estudio de las artes (*arts*) permite que el estudiante, desde una etapa infante, tenga una aproximación tanto a la evolución del pensamiento estético del ser humano, elemento de juicio que tiene una relación directa con la penetración de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la sociedad moderna, como también a los elementos que han permitido que dicha evolución se cause; es decir, a las razones por las cuales se ha ido cambiando la percepción del entorno dentro del marco de los conceptos que provee el arte.

Las matemáticas (*maths*) posibilitan el conocimiento de los fundamentos, representación y modelación de las realidades desde la perspectiva que brinda esta área de las ciencias básicas. El saber que proveen las matemáticas y su aplicación dentro de un contexto de aprendizaje tecnológico permite que el estudiante extrapole dichos conocimientos para proyectar, de cara al futuro, los fundamentos científicos que soportan la solución de problemas de la sociedad. La lectura (*reading*) y escritura (*writing*) constante y activa le permiten al alumnado acceder a información escrita y, con ello, construir la argumentación que le permitirá expresar sus ideas, al tiempo que con STEAM podrá adquirir un conjunto de conocimientos que posibilitarán un discurso coherente, académico y científico, además de todo un entorno que posibilita aprovechar al máximo las facilidades que los avances de la tecnología pone a disposición del ser humano, en tiempos en que aparecen nuevos problemas dentro del contexto de nuevos escenarios. Es de anotar que conviene mucho, en términos de aprendizaje y argumentación, fomentar en los estudiantes la lectura de textos literarios, no solamente libros científicos o técnicos. Además, es muy importante que el alumnado de ingeniería se habitúe a leer información diversa que tiene que ver con el mundo moderno: economía, política, conflictos sociales, realidad mundial, etc.

En la tabla 1 (y que ha sido presentada grandes rasgos ya que tanto la propuesta formal como la STEAMRW está escrita sesión por sesión), se puede notar que el contenido es un poco más voluminoso y es allí donde el docente tendrá que hacer uso de su creatividad para que el estudiante avance a lo largo de las dieciséis semanas que conforman el semestre académico, accediendo a conocimiento, saberes e información dentro de un espectro amplio que provee la estrategia adoptada.

Según se muestran los datos en la tabla 2, el número de estudiantes se estimó sobre la base de que el promedio de grupos en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Tecnológica de Pereira es de veinte alumnos y normalmente se cuenta con cinco grupos de Programación I (y cinco de Programación II), lo cual define que, por semestre, la muestra fue del 20 % de alumnos en una población posible promedio de cien estudiantes.

Al analizar la información comparativa de las evaluaciones parciales en cada curso paralelo, semestre a semestre discriminado por evaluación parcial, se puede observar que, en todo momento, el promedio de las valoraciones cuantitativas fue superior en los grupos donde se adoptó STEAMRW, que aquellos en los que solo se adoptó el contenido oficial sin ninguna adenda que lo fortaleciera. La diferencia mínima entre dichos promedios fue de 0,5 y la diferencia máxima fue de 1,6 que es una diferencia significativamente alta, si se tiene en cuenta que la escala de valoración es de 1 a 5; por consiguiente, tal diferencia frisa linderos superiores al 30 % del valor máximo posible.

De otra parte, vale la pena notar cierto incremento en la nota de las evaluaciones parciales pues, con el tiempo, los estudiantes de ambos cursos paralelos van apropiándose mucho más de la metodología. Los que recibieron el curso con el contenido oficial sin ninguna adenda que lo fortaleciera, encontraron sentido a los documentos que se les enviaba para fortalecer su conocimiento. Los otros estudiantes, los de los grupos STEAMRW, procedieron en consecuencia con la estrategia y adoptaron lo propio para que los resultados fueran tan favorables como los que se presentan, de forma promediada, en la tabla 3. Es de considerar que en ambos cursos se proveyeron los mismos documentos para que los estudiantes estuvieran preparados, dado que tanto las evaluaciones parciales como la evaluación final fueron las mismas para ambos grupos paralelos.

La evaluación final (tabla 4) tiene una tendencia similar a la información de la tabla 3. En todo momento, los resultados de los grupos con contenido STEAMRW fueron significativamente más favorables que los resultados de los que solo tuvieron el contenido oficial. La diferencia máxima también llegó a ser de 1,6 y competen en este ítem las mismas reflexiones a que hubo lugar en el caso similar en las evaluaciones parciales.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el objetivo de esta investigación era establecer un comparativo entre el aporte que le provee al estudiante de Ingeniería de Sistemas la estrategia STEAMRW, frente a la metodología tradicional de enseñanza aprendizaje en un curso de Programación I y Programación II (los dos primeros cursos de programación en esta carrera), puede inferirse que tanto en lo cuantitativo como en lo cualitativo es mucho más favorable la formación de ingenieros a partir de contenidos planeados y desarrollados bajo la estrategia STEAMRW que bajo los convencionales, que no incluyen ninguna adenda metodológica que lo potencialice.

Vale la pena tener en cuenta que la estrategia STEAMRW posibilita a un estudiante de ingeniería de sistemas a) un manejo amplio de un discurso coherente con la formación que recibe; b) un conocimiento del estado y prospectiva de las tecnologías modernas (especialmente lo que se refiere al mundo computacional); c) una relación práctica entre el conocimiento disciplinar de la ingeniería y el mundo moderno que involucra nuevos problemas y nuevos escenarios; d) una aproximación a la evolución del pensamiento estético de la sociedad y a la participación de las TIC en dicha evolución desde la perspectiva contemporánea; e) una apropiación de los teorías y modelos matemáticos que subyacen a la expresión tecnológica que se refleja en un lenguaje de programación, y f) una relación directa tanto con las fuentes de consulta (desde la lectura) como con la expresión escrita y la argumentación (desde la escritura).

REFERENCIAS

- Acosta Flores, J. (2003). *Ingeniería de Sistemas, un enfoque interdisciplinario*. Alfaomega Grupo Editorial. ↑Ver página 97
- Annanth, M. (23 de marzo de 2016). The importance of humanities in Engineering Education. *The Fifth Estate*. <https://www.t5eitm.org/importance-humanities-engineering-education/> ↑Ver página 99
- Araya Alemparte, D. (15 de junio de 2017). La educación como desarrollo personal: propuesta de innovación educativa. *Revista Educación y Ciudad*, 32, 43-51. ↑Ver página 102
- Ausubel, D. (2010). *Psicología educativa: un enfoque cognitivo*. McGraw-Hill. ↑Ver página 99
- Ausubel, D. (2012). *The acquisition and retention of knowledge*. Springer. ↑Ver página 98
- Basogain Olabe, X., Olabe Basogain, M. A. y Olabe Basogain, J. C. (septiembre de 2015). Pensamiento computacional a través de la programación: paradigma de aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia*, 46(6), 2-35. ↑Ver página 99

- Boyer, C. (2010). *Historia de la Matemática*. Alianza Editorial. ↑Ver página 102
- Bruner, J. (2006). *Hacia una teoría de la instrucción*. Editorial Limusa. ↑Ver página 99
- Bruner, J. (2009). *Actos de significado*. Alianza Editorial. ↑Ver página 98
- Bugliarello, G. (2002). The social function of Engineering: A current assessment. En *Engineering as a social Enterprise* (pp. 29-42). National Academy Press. ↑Ver página 101
- Cao, L. (2018). *Data science thinking*. Springer. ↑Ver página 101
- De Zubiría, J. (mayo de 2007). *Los modelos pedagógicos* [Presentación de conferencia]. Encuentro Nacional de Pedagogía, Universidad del Cauca, Popayán (Cauca, Colombia). ↑Ver página 99
- Estrada Esponda, R. (Julio de 2017). La lectura y la escritura como herramientas pedagógicas para la enseñanza de Ingeniería de Software. *Revista Educación en Ingeniería - ACOFI*, 12(24), 83-88. ↑Ver página 102
- Johnson, D. y Wetmore, J. (2008). *Technology and society: Building our sociotechnological future*. The MIT Press. ↑Ver página 101
- Ladino Moreno, E. O., García Ubaque, C. y Pineda Jaimes, J. A. (enero de 2021). Desarrollo de una aplicación móvil para el aprendizaje interactivo en problemas de ingeniería civil: aplicación a la hidráulica de canales abiertos. *Tecnura*, 25(67), 53-70. <https://doi.org/10.14483/22487638.17820>. ↑Ver página 99
- Lindsay, D. (2011). *Scientific writing thinking in words*. CSIRO Publishing. ↑Ver página 102
- Llanos Mosquera, J. M. (julio de 2021). Una revisión sistemática sobre aula invertida y aprendizaje colaborativo apoyados en IA para el aprendizaje de la programación. *Tecnura*, 25(69), 196-214. <https://doi.org/10.14483/22487638.16934>. ↑Ver página 99
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2016). *Compendio estadístico de la educación superior colombiana*. https://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-360743.html?_noredirect=1. ↑Ver página 98
- Padilla Escorcía, I. A. (abril de 2022). Recursos tecnológicos utilizados por profesores universitarios en carreras de ingeniería. *Tecnura*, 26(72), 147-166. <https://doi.org/10.14483/22487638.18277>. ↑Ver página 97
- Trejos Buriticá, O. I. y Muñoz Guerrero, L. E. (enero de 2022). Estrategia de aprendizaje de la programación apoyado en aprendizaje. *Tecnura*, 26(71), 111-123. <https://doi.org/10.14483/22487638.15309>. ↑Ver página 98

Watson, A. y Watson, G. (2013). Transitioning STEM to STEAM: Reformation of engineering education. *The Journal for Quality and Participation*, 36(1), 1-5. ↑Ver página 98

Yakman, G. y Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical education framework for Korea. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32(6), 1072-1086. ↑Ver página 100

