

# La estructura EPS como estrategia de aprendizaje del paradigma de programación funcional en Ingeniería de Sistemas<sup>1</sup>

## The IPO structure as a learning strategy of the functional programming paradigm in Systems Engineering

O. I. Trejos y L.E. Muñoz

Recibido: marzo 22 de 2022 – Aceptado: junio 30 de 2025

**Resumen**—La enseñanza y el aprendizaje de la programación en el contexto de la ingeniería de sistemas, dada la gran aceptación que tiene este programa de formación universitaria, se convierte cada vez más en un motivo no sólo de investigación sino de indagación permanente para encontrar caminos que faciliten dicho aprendizaje. La relevancia que tiene el concepto de función tanto desde el paradigma funcional como desde el imperativo y orientado a objetos invita a pensar en metodologías que faciliten y simplifiquen dicho aprendizaje. Se acudió a una prueba experimental con dos grupos en paralelo por semestre de forma que un grupo sea de investigación y el otro sea de referencia, entre el I semestre 2020 hasta el II semestre 2021, incluyéndolo. Los resultados evidencian una notoria tendencia a favorecer el aprendizaje del concepto de función cuando se cuenta con una estructura que posibilite su comprensión, diseño y aplicación. Se concluye que en la medida en que se investiguen estrategias de aprendizaje en relación con el concepto de función, aprender a programar se simplificará de manera significativa tanto en el desarrollo de programas como en la conceptualización.

**Palabras clave**—Aprendizaje, estrategia, función, ingeniería de sistemas, paradigma de programación, programación funcional.

**Abstract**—The teaching and learning of programming in the context of systems engineering, given the great acceptance that this university training program has, becomes more and more a reason not only for research but also for permanent inquiry to find ways that facilitate said learning. The relevance of the concept of function both from the functional paradigm and from the imperative and object-oriented paradigm invites us to think about methodologies that facilitate and simplify said learning. An experimental test was carried out with two groups in parallel per semester so that one group is a research group, and the other is a reference group, between the first semester of 2020 and the second semester of 2021, inclusive. The results show a notable tendency to favor the learning of the concept of function when there is a structure that enables its understanding, design, and application. It is concluded that to the extent that learning strategies are investigated in relation to the concept of function, learning to program will be significantly simplified in both program development and conceptualization.

**Keywords**—Strategy, function, functional programming, learning, programming paradigm, systems engineering.

<sup>1</sup>Producto derivado del proyecto de investigación 6-19-11 “Desarrollo de un modelo de enseñanza y aprendizaje que transversalice el conocimiento derivado de las Ciencias Básicas aprovechando la programación de computadores en Ingeniería de Sistemas basado en BBL y Pensamiento Computacional”, apoyado por la Universidad Tecnológica de Pereira a través de la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión.

O. I. Trejos, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, email: [omartrejos@utp.edu.co](mailto:omartrejos@utp.edu.co).

L.E. Muñoz, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, email: [lemunozg@utp.edu.co](mailto:lemunozg@utp.edu.co).

**Como citar este artículo:** Trejos, O. I., y Muñoz, L.E. La estructura EPS como estrategia de aprendizaje del paradigma de programación funcional en Ingeniería de Sistemas. *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 19, no. 37, pp. 56-62, enero-junio 2025. DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.2770>.



Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

### I. INTRODUCCIÓN

ESTE artículo aborda uno de los problemas más interesantes que plantea la formación de ingenieros de sistemas en el área de la programación que consiste en la metodología a adoptar para simplificar y posibilitar el aprendizaje del concepto de función a raíz de la alta relevancia que tiene el tema en la comprensión y aplicación de las funciones en la construcción de programas que permitan resolver problemas computacionales.

Esto indica el problema que se quiso abordar en la investigación que inspira el presente artículo y que tiene íntima relación con la enseñanza y el aprendizaje de la programación en sus primeras instancias que, en este caso, correspondió al I semestre de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Tecnológica de Pereira.

El propósito de este estudio consistió en proveer elementos de juicio que permitieran, de forma comparativa con cursos paralelos, verificar la pertinencia de adoptar una estructura

definida para la enseñanza y el aprendizaje del concepto de función de manera que pudiera mirarse desde las formas tradicionales de enseñanza frente a la forma que se presenta en este artículo. La búsqueda de caminos para simplificar la comprensión de la lógica de programación, en lo que corresponde a la concepción de las funciones, es una provocación investigativa que invita a que se unan las ciencias de la educación con la ingeniería en bien de la formación de los futuros ingenieros.

El contenido de este artículo puede considerarse como novedoso debido a que: a) es una exploración metodológica que busca hacer más simple y entendible el concepto de función para que se pueda posibilitar un camino más expedito hacia el aprendizaje de los diferentes paradigmas de programación (funcional, imperativo y orientado a objetos), b) es una investigación conducida por ingenieros docentes y c) los investigadores han podido articular la ingeniería con las ciencias de la educación toda vez que su título doctoral así lo acredita aplicando modelos, teorías y metodologías que son oportunos en estos estudios.

Como producto de un proyecto de investigación, el contenido de este artículo se justifica debido a que la enseñanza y el aprendizaje de la programación se ha ido convirtiendo en una necesidad no sólo en los programas de formación superior que tienen relación directa con la tecnología computacional sino también como mecanismos para incentivar, promover y motivar el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el aprovechamiento de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y el diseño de soluciones paso a paso (conocido como “algoritmización”) que son temas que competen a todas las áreas de conocimiento y que son requerimientos de formación del mundo actual. En este contexto, comprender el concepto de función significa sintonizarse con la base primaria de la programación en cualquiera de sus aristas paradigmáticas.

La investigación llega hasta el análisis de unos resultados obtenidos sobre la base de una metodología aplicada y de las comparaciones que se realizaron entre los cursos paralelos que, semestre a semestre, fueron conducidos por los ingenieros docentes investigadores y que permitieron la aplicación de una metodología investigativa con enfoque cuantitativo en sus resultados y cualitativo en sus análisis.

Esta investigación se realizó en el curso Programación I de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Tecnológica de Pereira en el período comprendido entre el I semestre 2020 hasta el II semestre 2021, incluyéndolo.

Para la realización de la presente investigación se partió de la hipótesis de que, si se comprenden y asimilan bien las bases de un saber, es mucho más simple profundizar en dicho saber y que cuando se apropia el concepto de función, el aprendizaje de la programación en cualquiera de sus paradigmas se simplifica de forma significativa y fácilmente aplicable para los estudiantes.

## II. MARCO TEÓRICO

Uno de los aportes modernos al pensamiento humano, conocido también como pensamiento deliberativo sobre el cual se basa la visión de cada persona y que se hereda en gran proporción de la influencia de los contextos de aprendizaje con los cuales tiene contacto cada ciudadano [1], corresponde al pensamiento computacional [2] que es una forma de pensamiento que ayuda a desarrollar elementos de juicio para tener una visión del mundo impregnada de un nivel racional de objetividad.

El pensamiento computacional provee cuatro áreas en las cuales se promueve el mismo pensamiento humano. La primera de ellas corresponde al pensamiento crítico que es la mirada analítica que se puede hacer sobre un problema, un enunciado o una situación problema, bien sea teórica o vivencial, a través del cual es posible analizar los factores favorables y desfavorables de la situación o del planteamiento, sus posibles causas, los caminos de solución y el impacto de éstas en su implementación [3].

En segunda instancia se tiene la resolución de problemas que corresponde a una de las necesidades de formación más requeridas en el mundo profesional actual toda vez que el mundo de hoy [4], por todos los recursos y formas de acceso al conocimiento que provee, facilita mirar una misma situación desde diferentes ángulos y posibilita resolver un problema con diferentes miradas, independiente de que este haya sido tratado en otras épocas o que sea producto de los escenarios emergentes que generan las interacciones en la sociedad de hoy.

La tercera componente del pensamiento computacional corresponde al aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación con las cuales, de una u otra forma, se tiene contacto directo en el mundo actual esa alta penetración que tienen las pantallas y los dispositivos electrónicos y su gran influencia al momento de tomar decisiones [5]. La cuarta componente corresponde al desarrollo de habilidades y competencias para aprender a plantear soluciones de forma que se expresen paso a paso, o sea, en formato de algoritmo tal que en algún momento puedan ser implementables en un sistema computacional a través del desarrollo de programas con lenguajes de programación [6].

La programación, de la mano del pensamiento computacional, cada vez deja de ser un tema específico de los programas universitarios que tienen relación directa con la tecnología para convertirse en una necesidad de formación en todas las áreas [7] ya que la interacción con el mundo a través de la tecnología induce a que se requiera conocerla para poder interactuar a través de ella y, de paso, poder capitalizar todas las bondades y capacidades que nos ofrecen.

La programación funcional es un paradigma en donde se privilegia una visión del mundo a partir la utilidad de lo que nos rodea [8], es decir, permite explicar cualquier ente informático (todo aquello que puede ser descrito a través de sus características y sus usos) por medio de la utilidad que nos brinda dejando de lado la prioridad que, en otros contextos,

podieran tener sus características. En la programación funcional los cambios, que en el paradigma imperativo son interpretados por las variables [9], no tienen tanta relevancia como el uso y utilidad que se puede derivar de dichos cambios.

Desde esta perspectiva emerge el concepto de función que no es más que una unidad de trabajo que a) tiene un nombre que la identifica no de manera única, b) puede recibir argumentos o parámetros para que la función “funcione”, c) tiene un cuerpo de instrucciones que hacen efectivo el pequeño objetivo de la función, d) puede retornar un valor que cristaliza su utilidad y e) puede ser invocada por otra función en cualquier momento y desde cualquier punto del programa [10].

La función se convierte entonces en la célula de funcionamiento de los paradigmas de programación. En la programación funcional, la función es la base de todo su desarrollo ya que un programa se define como un conjunto de funciones enlazadas que, en conjunto, alcanzan un objetivo. En la programación imperativa, la función no es parte propia de sus elementos estructurales, pero resuelve los tres problemas que tiene paradigma y que son la reutilización del código, la simplificación del objetivo y la realización sencilla y fácilmente comprensible de las pruebas en frío [11].

Por su parte, en el paradigma orientado a objetos, la función se convierte en lo que se conoce como *método*, es decir, la parte de un objeto que describe para qué sirve [12] y cuál es la utilidad de dicho objeto teniendo en cuenta que un objeto no es más que una descripción de cualquier ente informático tangible o intangible que nos rodea a través de los atributos que lo caracterizan y de los usos que se les puede dar.

Todo esto lleva a pensar que, si se facilita un camino de comprensión para el concepto de función y se muestra la manera de aplicarlo dentro de un paradigma de programación, que para el caso del presente artículo corresponde al paradigma funcional, el aprendizaje del concepto y su aplicación en tiempo de desarrollo de una solución codificada se simplifica y eso facilita el logro del objetivo para el cual se haya propuesto el programa.

La estructura EPS consiste en la identificación de las tres partes que hacen efectiva una función y que corresponden a:

- La Entrada de los datos, es decir, los insumos que se requieren para que una función logre su pequeño objetivo. Estos insumos se conocen como argumentos en la programación funcional y como parámetros en la programación imperativa y la programación orientada a objetos.
- El Proceso que consiste en el cuerpo de la función y a través del cual se aprovechan los insumos recibidos como parámetros o como argumentos para que, de manera algorítmica, se haga efectivo el logro del objetivo que se pretende con la función
- La Salida que consiste en el valor que retorna la función (si se trata de una función de cálculo) o en el valor o valores que deben aparecer en pantalla (si se trata de una función de interfaz)

La programación funcional es un paradigma que se basa en

el enlace de funciones, como elemento fundamental para la construcción de una solución a través de un lenguaje de programación, de forma que cada función se convierte en una célula que atiende y resuelve una parte del programa [13] y en donde el enlace coherente de varias funciones permite resolver un problema complejo que atiende a las necesidades del objetivo general.

El aprendizaje de la programación de programadores poco a poco se ha ido convirtiendo en una necesidad no sólo de los programas de formación superior en ingeniería sino en muchas otras áreas en donde los componentes del pensamiento computacional resultan de gran utilidad y se han ido convirtiendo en requerimientos del mundo actual [14]. Elementos tales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el aprovechamiento de las TIC y el planteamiento de soluciones paso a paso, son conceptos que van más allá de lo puramente tecnológico pues proveen elementos de juicio para que el pensamiento deliberativo humano se fortalezca y se articule con la sociedad de hoy tanto en sus nuevos escenarios como en sus problemas emergentes [15].

Este aprendizaje de la programación destaca la importancia de la función como elemento básico para simplificar y facilitar la construcción de programas. La programación funcional se basa en funciones, la programación imperativa se hace mucho más sencilla y óptima cuando los programas se desarrollan a partir de funciones y la programación orientada a objetos enaltece el nombre de las funciones con el nombre de método que corresponde a uno de los dos componentes que posibilitan la descripción de los objetos y que se complementa con los atributos.

La presencia de este concepto en los tres paradigmas invita a pensar en formas, metodologías y estrategias para simplificar su enseñanza y su aprendizaje y en la gran incidencia que pudiere tener el concepto de función en ellos. Esa es la necesidad que inspira la presente investigación para verificar si dicho concepto, la forma de enseñarlo, la estructura que se propone y la manera como ésta se articula con las necesidades de un programa para lograr un objetivo, son tan relevantes como parecieran ser conceptualmente.

De allí que se hace tan importante proveer a los ingenieros docentes, categoría donde se agrupan a los profesionales que se han formado como ingenieros pero que han abrazado la docencia como su espacio de desarrollo profesional, de una estructura general que permita concebir por un camino muy simple cualquier función y que se ha planteado como EPS, es decir, Entrada, Proceso y Salida.

### III. METODOLOGÍA

Esta investigación se ha desarrollado bajo un enfoque cuantitativo en cuanto al análisis de los resultados y cualitativo a partir de las opiniones libres de los estudiantes, recolectadas al final de cada período académico que evidencian no sólo su percepción sino el impacto de la metodología utilizada en los grupos de investigación sobre su proceso de aprendizaje de la programación.

A lo largo de cada semestre se tuvieron dos grupos designados para realizar el estudio. De forma aleatoria se designó uno de ellos como grupo de investigación y el otro como grupo de referencia. Con el grupo de investigación se adoptó la metodología de enseñanza del concepto de función a partir de la estructura EPS que previamente se explicó en este artículo y cuyo objetivo consiste en facilitar la comprensión, diseño y aplicación del concepto de función.

Con el grupo de referencia se mantuvo la enseñanza del concepto de función sin incorporar la estructura EPS de forma explícita sino a partir de su utilidad y de los elementos de juicio que la programación funcional y el cálculo Lambda proveen. Este proceso se realizó durante las 16 semanas de cada semestre comenzando en el I semestre de 2020 y terminando en el II semestre de 2021 a lo largo de cuatro períodos académicos (dos años de investigación).

Por razones de la objetividad de la investigación, se procedió a poner en escena en cada uno de los grupos la estrategia metodológica que debía adoptarse con desconocimiento de ellos de manera que se pudieran lograr resultados a partir de la interacción didáctica y no se propiciaran prejuicios frente a los objetivos a lograr.

Todo el proceso se realizó a través de la plataforma colectiva Google Meeting para el desarrollo de las sesiones y la interacción con los estudiantes durante ellas. También se tuvieron disponibles, como canales de comunicación para resolver dudas e inquietudes, el canal de WhatsApp y el correo electrónico de los docentes que condujeron la investigación.

Tanto las actividades como las evaluaciones y las explicaciones se procuraron realizar manteniendo las mismas condiciones equitativas con ambos grupos por semestre de forma que la única diferencia entre ambos fuera la estrategia didáctica a que hace referencia el presente artículo acerca de la estructura EPS para aprendizaje, comprensión y aplicación de las funciones. Cabe anotar que las evaluaciones parciales se diseñaron manteniendo, en ambos grupos por semestre, los mismos elementos de juicio más no las mismas preguntas por razones naturales de riesgos de copia. El sentido y estructura de cada evaluación parcial y de las evaluaciones finales fueron las mismas.

Los resultados que se obtuvieron fueron promediados por grupo en cada semestre toda vez que se pudo advertir que el comportamiento de la media aritmética en relación con el conjunto de datos era el mismo y no inducía a inferencias diferentes a pesar de ser una medida de tendencia central. Además, se consideró que, para la tabulación, análisis y presentación de los datos, adoptar el promedio es un camino para simplificar el diseño de las tablas que se presentarán posteriormente en el presente artículo.

A lo largo de toda la experiencia investigativa, se adoptaron tres estrategias para reforzar la objetividad de los resultados: a) seguimiento a cada estudiante de forma individual a través del análisis en el avance de su propio aprendizaje, diálogo e interacción por medios virtuales, b) observación de las intervenciones y participaciones de los estudiantes a través de la plataforma colectiva Google Meeting

y c) observación en general del avance del grupo en relación con los resultados que se obtenían en quices y pequeñas pruebas de monitoreo de aprendizaje.

Los instrumentos de recolección de resultados se remitieron a los siguientes a) evaluaciones parciales y finales a los cuales se les hizo análisis cuantitativo comparativo entre los dos grupos por semestre, b) pruebas fugaces como quices y preguntas para verificar el avance según las observaciones realizadas a través de los diferentes canales de comunicación y c) una brevísima encuesta al final de cada semestre en donde se permitía que, de forma anónima, el estudiante manifestara su opinión acerca de la estrategia metodológica adoptada para la conceptualización de las funciones y el aprendizaje del paradigma de programación funcional. En esta pequeña encuesta fue importante conocer la percepción que tuvo el estudiante de sí mismo en relación con el aprendizaje de la programación.

Se buscaron mecanismos de condensación de la información recolectada para facilitar su análisis tanto cuantitativo como cualitativo. En lo cuantitativo se adoptó la medida de tendencia central de la media aritmética para facilitar presentación y análisis de los resultados de las pruebas parciales y finales. En lo cualitativo se seleccionaron las opiniones que recogían el sentir de otras de forma que, a través de la técnica de recolección por reagrupamiento, se pudo llegar a una cantidad condensada de ellas que permiten los mismos análisis que provee el gran volumen completo de opiniones.

Es de anotar que se presentaron algunas deserciones de estudiantes que, a lo largo de la asignatura en cada semestre, la cancelaron o se retiraron de la Universidad. Se pudo establecer contacto con algunos de ellos, pero las razones que llevaron a tales decisiones son distantes de lo académico y, dado que fueron muy pocos, el análisis de ellas se sale de los propósitos de la presente investigación.

#### IV. RESULTADOS

La Tabla I presenta el número de estudiantes que participaron en la investigación. Como puede observarse se ha seleccionado una muestra de 169 estudiantes en total durante los dos años que duró el estudio.

Si se tiene en cuenta que en cada semestre ingresan aproximadamente 120 estudiantes, entonces puede concluirse que por cada período académico se involucró aproximadamente el 33% de la población objetivo que está conformada por los estudiantes que ingresan a Ingeniería de Sistemas y que comienzan viendo la asignatura Programación I dentro de la línea de programación.

TABLA I  
ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

Año	Sem	GI*	GR*	Total
2020	I	21	22	43
2020	II	20	23	43
2021	I	20	21	41
2021	II	22	22	44
Total		83	86	169

Dado que esa misma proporción se mantiene, se puede asegurar que ese fue el porcentaje de estudiantes que participaron en todo el estudio a lo largo de los dos años de investigación.

Es de anotar que esta proporción en la muestra, frente a la población objetivo, provee unos criterios de confiabilidad estadística que posibilitan unos resultados que interpretan, con alto porcentaje de acierto, las inferencias que pudieren obtenerse si la investigación se hiciera con toda la población objetivo.

La Tabla IIA y la Tabla IIB presentan el promedio de los resultados de las evaluaciones parciales tanto en los grupos de investigación (denotados como GI) y que fueron los grupos en los cuales se adoptó la estrategia EPS como forma de exponer el sentido, construcción, diseño y aplicación del concepto de función como en los grupos GR que fueron los grupos de referencia en donde no se aplicó la estrategia EPS, respectivamente.

TABLA II A  
RESULTADOS CUANTITATIVOS – EVALUACIONES PARCIALES GI\*

Año	Sem	IP	IIP	IIP	Prom
2020	I	4,4	4,5	4,6	4,5
2020	II	4,3	4,4	4,5	4,4
2021	I	4,4	4,6	4,6	4,5
2021	II	4,2	4,4	4,5	4,4
Promedio		4,4	4,4	4,5	4,4

TABLA II B  
RESULTADOS CUANTITATIVOS – EVALUACIONES PARCIALES GR\*

Año	Sem	IP	IIP	IIP	Prom
2020	I	3,6	3,6	3,7	3,6
2020	II	3,7	3,5	3,2	3,5
2021	I	3,5	3,6	3,3	3,5
2021	II	3,6	3,5	3,2	3,4
Promedio		3,6	3,5	3,4	3,5

La Tabla III presenta las opiniones más representativas e incluyentes de los estudiantes que fueron recogidas al final de cada período académico y en donde manifiestan su percepción de la metodología utilizada para el desarrollo de la asignatura. Es de anotar que esta es sólo una selección de las opiniones y se buscó que fueran las más representativas y que encarnaran el espíritu de aquellas que no se escriben, con el ánimo de facilitar la presentación de estas opiniones en este artículo y en consonancia con las inferencias que se pueden derivar de ellas.

TABLA III  
RESULTADOS CUALITATIVOS – OPINIONES DE LOS ESTUDIANTES

	Grupos de Referencia
La metodología hace todo más fácil	El profe explica muy bien
Cuando se entiende EPS se entienden las funciones	He oído de una metodología EPS en el otro grupo y me parece interesante
Es muy fácil conectar la salida de una función como entrada de otra	Veo que el otro grupo avanza más rápido que nosotros
Construir un programa funcional a partir de EPS es demasiado fácil	El concepto de función es fácil
EPS es la respuesta para comprender las funciones	Construir un programa funcional no es difícil, pero hay que pensarlo mucho
Una función es una descripción EPS	La base de la programación es el

	concepto de función
La metodología hace muy sencillo programar en cualquier lenguaje	Debe existir algún mecanismo para entender muy fácil qué es una función
Con EPS se hace simple resolver cualquier problema	El que aprende a construir funciones, aprende a programar

## V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Si bien la selección de los cursos involucrados en la investigación, como lo muestra la Tabla I, dependió de la asignación de carga académica, eso mismo implicó una aleatoriedad que favorece la objetividad investigativa toda vez que no existe un criterio específico que oriente la designación de cursos hacia un profesor. En ese sentido, y de la misma forma, la escogencia de cuál es el curso que se designó para trabajar con la estructura EPS sugerida en la metodología que inspira el presente artículo y así mismo el curso que serviría como referente para comparar los resultados frente a la metodología tradicional de enseñanza de la programación, obedeció a un criterio puramente aleatorio con el ánimo de que los resultados pudieran ser lo más confiables posibles.

Como se puede observar en la tabla I, el porcentaje de alumnos involucrados en la investigación corresponde a un aproximado 30% del total de la población objetivo si se tiene en cuenta que cada nuevo periodo académico semestral ingresa 120 estudiantes a I semestre del programa Ingeniería de Sistemas y Computación, proporción que se mantiene durante todo el periodo en que se realizó la investigación lo cual lleva, por razones estadísticas a una expectativa de error inferior o igual al 5%.

Según los resultados que se muestran en la tabla II A se pueden observar varios aspectos. En primer lugar si se hace un análisis horizontal puede verse que a través del tiempo la tendencia en los resultados cuantitativos de los parciales en cada curso trabajado como curso de investigación es a aumentar lo cual indica que si la base es el concepto de función y éste ha sido permeado por la estructura EPS que inspira el presente artículo (y su investigación asociada) entonces podría endilgársele a esta estrategia metodológica que cada vez los resultados de las evaluaciones parciales sean mejores desde lo cuantitativo ya que constituyen el único factor diferenciador con los grupos de referencia.

De la misma forma, se encuentra que el promedio de los promedios de cada curso en los grupos de investigación, en relación con sus evaluaciones parciales, siempre ha estado alrededor de la nota 4,5 que es un buen indicador si se tiene en cuenta que la nota máxima es 5,0. Si bien lo cuantitativo no define de manera absoluta el nivel de aprendizaje, cuando se realizan investigaciones en paralelo con los mismo recursos investigativos se convierten en un factor complementario para los análisis cualitativos, como sucede en la investigación que subyace al contenido de este artículo.

Debe tenerse en cuenta que los resultados cuantitativos presentados en cada una de las evaluaciones parciales corresponden al promedio de cada curso, es decir, se adoptó la media aritmética como medida de tendencia central

aprovechando que la dispersión de los datos era uniforme y no se veía afectada por los valores extremos que pudieran presentarse. A través de esta forma de presentar los datos se facilita no solo la interpretación y los análisis sino también la exposición de estos dentro del contexto espacial que ofrece un artículo científico.

La tabla II B presenta los resultados de los estudiantes que participaron en la investigación y cuyos grupos fueron designados como grupos de referencia es decir aquellos grupos en los cuales se impartió el conocimiento sobre el concepto de función, pero sin acudir a la estructura EPS que se ha establecido como objeto de estudio comparativo dentro de la presente investigación.

En esta tabla se puede observar que en algunos casos la tendencia horizontal en el avance de las evaluaciones parciales fue hacia la disminución del promedio y no al aumento como se percibe en la tabla II A. De la misma manera se observa que el valor promedio en toda la tabla es de 3,5 que si se compara con el promedio general de la tabla II A que es 4,4 se puede observar una diferencia favorable aproximada de una unidad completa que corresponde al 25% si se tiene en cuenta que el valor máximo de nota calificativa es 5,0 y que bien podría constituir la ventaja competitiva en el proceso de aprendizaje de los grupos de investigación sobre los grupos de referencia y que, basado en el hecho de que el único factor diferenciador entre ambos grupos fue la adopción de la estrategia EPS, puede concluirse que es la piedra angular que determina no sólo tal diferencia a favor de los grupos de investigación sino en el proceso de aprendizaje en sí, tal como el análisis comparativo de las dos tablas II A y II B lo confirma.

Si se tiene en cuenta que ambos cursos recibieron el mismo contenido durante el semestre los mismos conceptos y que lo único que cambió entre uno y otro fue que en uno de ellos se adoptó como estrategia pedagógica la estructura EPS entonces podría decirse que es esa la diferencia que hace que en los cursos de investigación el resultado cuantitativo sea significativamente superior que en los cursos de referencia además sabiendo que las condiciones la estructura y el diseño de las evaluaciones fueron similares en fondo y forma.

En cuanto a la tabla III cuyo contenido es completamente cualitativo podemos hacer algunas reflexiones que inducen a pensar en que los estudiantes de los grupos de investigación han encontrado en la estructura EPS un camino más sencillo para comprender el concepto de función y la metodología para ponerlo en escena les ha simplificado la aplicación de las funciones en la construcción de sus programas funcionales valga esta redundancia.

Debe anotarse que, para el análisis de la tabla III, se adoptó la técnica de análisis semántico y reagrupación por similitud de manera que se pudieran relacionar las opiniones similares y, a partir de éstas, realizar los análisis respectivos sin entrar en redundancias analíticas. De esta forma aparecen en la tabla III solamente algunas opiniones, pero porque son el resultado de una decantación de análisis semántico en cinco niveles de progresión.

Según la tabla III, para los estudiantes de los grupos de investigación la estructura EPS se convierte en una

herramienta para entender fácilmente ese concepto de función especialmente porque les permite visualizar cuáles son los insumos que requiere una función para que cumpla su pequeño objetivo y de la misma manera cuál es el resultado que se espera de esa función luego su trabajo algorítmico consistirá en crear un proceso que transforme las entradas en salidas coincidiendo con las entradas que puede recibir y con las salidas que requiere el programa que estén construyendo.

El simple hecho de que los estudiantes conciban que la construcción de un programa funcional a partir de la estructura EPS es demasiado fácil los pone en un plano de simplicidad que resulta ser muy útil cuando se necesita plantear soluciones algorítmicas que se deben construir paso a paso en pos de un determinado objetivo. De esta forma a pesar de que el concepto de función es simple encuentran los estudiantes una definición mucho más simplificada que consiste en decir que una función se reduce a una descripción EPS lo cual indica que no solo han entendido qué tan fácil es construir una función, sino que si define su entrada, su proceso y su salida habrán encontrado qué es lo que necesitan escribir para construir fácilmente las funciones que son la célula fundamental de cualquier programa.

Igualmente, cuando los estudiantes aceptan que está metodología EPS para diseñar funciones facilita la construcción de un programa en cualquier lenguaje de programación, y en cualquier paradigma, implica que han encontrado la gran importancia que tiene la función como núcleo de trabajo y además una forma de aplicarla independiente de cualquier paradigma, pero relacionándolo íntimamente con él. Así podemos entender que el concepto de función es el centro nuclear de trabajo de la programación funcional, es el camino para hacer más fácil la programación imperativa y especialmente para encontrar los errores lógicos que se presenten y es lo que en la programación orientada a objetos se conoce como método que simplemente describe los usos de los objetos.

Por su parte las opiniones recogidas en los grupos de referencia endilgan el éxito del curso a la disposición experiencia y estrategias de explicación que adopte el docente lo cual relativiza esa relación entre los estudiantes y el conocimiento pasándolo por el filtro de lo que haga el docente y no de conceptos que simplifiquen, como debería ser, la parte esencial y fundamental de la programación funcional. Algunos estudiantes de los grupos de referencia se enteraron de que en el otro grupo se estaba utilizando una metodología EPS y conceptuaban que parecía interesante porque todos en los grupos de investigación decían que por este camino se hacía muy fácil entender dicho concepto.

A la luz de la metodología tradicional de todas maneras se entiende que el concepto de función es fácil sin embargo la construcción de un programa funcional no pareciera serlo tanto y es allí en donde la estructura EPS facilita la interacción relación y conexión de funciones dentro del contexto de un mismo programa ya que los estudiantes dicen que hay que pensarlo mucho, pero reconocen que la base de la programación es la función.

Coinciden los estudiantes de los grupos de referencia en que

quien aprende a construir funciones aprende a programar y los refuerzan con la suposición de que debe existir algún mecanismo para entender muy fácil lo que es una función. Precisamente lo que se propone en este artículo es que ese mecanismo sea el reconocimiento de la estructura EPS y con ello se pueda simplificar no solo su concepción sino la construcción de cualquier programa que involucre en cualquier paradigma este concepto.

## VI. CONCLUSIONES

La enseñanza de la programación de computadores es una necesidad en los tiempos actuales no sólo para los programas de formación profesional en ingeniería sino también en otras áreas de conocimiento toda vez que la interacción con el pensamiento computacional propone unos caminos para articularse con las necesidades de pensamiento del mundo actual. Esta enseñanza de la programación se convierte en un reto para los ingenieros docentes investiguen y encuentren formas a través de las cuales los conceptos básicos se pueden asimilar, apropiar y aplicar por caminos muy sencillos de forma que simplifiquen la construcción de programas en cualquier lenguaje de programación.

El objetivo de esta investigación, que consistía en la adopción comparativa a nivel de investigación de la estrategia EPS para la construcción de funciones y en el análisis de sus resultados, no sólo se ha cumplido, sino que también se ha logrado demostrar que la adopción como estrategia didáctica para facilitar la apropiación y aplicación del concepto de función favorece el aprendizaje si se compara con la metodología tradicional entendiéndola como aquella en donde se utilizan las funciones, se diseñan y se codifican, pero sin que medie una estructura que las defina y permita su concepción de forma mucho más simple. Todo esto a partir del análisis detallado de los resultados obtenidos en las tablas que se han expuesto y analizado en el numeral anterior.

Conviene, a la luz de la presente investigación, invitar a que los ingenieros docentes encuentren mecanismos didácticos que permitan simplificar el aprendizaje de la programación tal que la construcción de programas se convierta en un reto superado solo mediado por los objetivos puntuales que se quieren implementar con un computador. De la misma forma, resulta útil que dichos ingenieros docentes entiendan tanto la importancia del conocimiento disciplinar como el que proveen las ciencias de la educación para que, conjuntamente, se puedan adoptar estrategias con las cuales el gran beneficiario será el estudiante de ingeniería en su proceso de aprendizaje.

## REFERENCIAS

- [1] J. Alves, N. Lima y G. Alves, «Adjusting higher education competences to companies professional needs,» *International Journal of human capital and information technology professionals*, vol. 8, n° 1, pp. 66-77, 2017.
- [2] C. Monson, *Introduction to programming for the independent student*, Seattle: Independently Publisher, 2020.

- [3] G. Polya, *Resolución de problemas*, N.Y.: Impact Publishers, 2016.
- [4] M. Burrola Vasquez, Tesis Doctoral "Evaluación de las competencias básicas en TIC en docentes de educación superior en México", Ciudad de México: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2015.
- [5] O. Trejos, *Lógica de Programación*, Bogotá: Ediciones de la U, 2017.
- [6] J. Wing, *Computational thinking*, Boston: O'Reilly Publishing, 2017.
- [7] D. Cajić, *An Illustrative introduction to algorithms*, N.Y.: Kindle Editions, 2019.
- [8] P. Van Roy, *Functional Programming: techniques, models and theory*, Boston: MIT Press, 2016.
- [9] C. Boguslaw, *Introduction to programming with C++*, N.Y.: Wiley IEEE Press, 2019.
- [10] O. Trejos, *Programación funcional con Racket*, Madrid: Editorial RaMa, 2019.
- [11] Y. Liang, *Introduction to Java Programming*, N.Y.: Pearson, 2019.
- [12] D. Zak, *An Introduction to Programming with C++*, Boston: Cengage Learning Press, 2015.
- [13] I. Cukić, *Functional programming in C++*, Washington: Manning Publishing, 2018.
- [14] D. & Deitel, *Programación Orientada a Objetos*, N.Y.: Independent Press, 2017.
- [15] Y. Harari, *21 Lecciones para el Siglo XXI*, Bogotá: Urano, 2018.



**Omar Iván Trejos Buriticá.** Ingeniero de Sistemas. Especialista en Instrumentación Física. MSc en Comunicación Educativa. PhD en Ciencias de la Educación. Docente de planta categoría Titular, Programa Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Pereira. Investigador Senior Colciencias. Autor de varios libros de programación y de artículos de investigación.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3751-6014>.



**Luis Eduardo Muñoz Guerrero.** Ingeniero de Sistemas, MSc en Ingeniería de Sistemas, PhD en Ciencias de la Educación. Docente de planta, Programa Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Pereira. Investigador y autor de varios libros de programación y de artículos científicos.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9414-6187>.