

Revista Logos Ciencia & Tecnología

Publicación de la Policía Nacional de Colombia

ISSN 2145-549X (impreso)

ISSN 2422-4200 (virtual)



REVISTA INDEXADA
CATEGORIA B.
BBN-PUBLINDEX

Revista de investigación

Vicerrectoría de Investigación

Dirección Nacional de Escuelas

Volumen 11

Numero 2

mayo-agosto de 2019

Bogotá, D. C., Colombia

Equipo directivo

General **Oscar Atehortúa Duque**

Director General, Policía Nacional de Colombia

Brigadier General **Juan Alberto Libreros Morales**

Director Nacional de Escuelas

Coronel **Carlos Mauricio Sierra Niño**

Subdirector Nacional de Escuelas

Coronel **Jhon Harvey Alzate Duque**

Vicerrector de Investigación

CORRESPONDENCIA

Transversal 33 # 47A-35 Sur,

Bogotá, D. C., Colombia

Código Postal: 110611

Teléfono: (57-1) 515 9000, ext. 9854

Correo: dinae.logosct@policia.gov.co



Equipo Editorial

Editor: **Capitán Juan Aparicio Barrera**

PhD en Estudios Políticos

Vicerrectoría de Investigación

Corrección, traducción, diseño y diagramación

Competitividad SAS.

Carrera No. 82-62. Oficina 701.

Teléfono. 3153162177

Correo electrónico. competitividadesas@gmail.com

Comité Editorial

Elena Azaola Garrido

Doctora en Antropología Social y Psicoanalista

Investigadora del Centro de Investigaciones y Estudios

Superiores en Antropología Social (Ciesas),

Ciudad de México, México

eazaola@ciesas.edu.mx

Francisco Javier Rodríguez Díaz

Doctor en Psicología, Catedrático Acreditado de

Diferencias Individuales y Psicología de la Violencia,

Departamento de Psicología, Universidad de Oviedo,

Oviedo, España

gallego@uniovi.es

José Ignacio Ruiz Pérez

Doctor en Psicología

Profesor asistente, Departamento de Psicología,

Universidad Nacional de Colombia,

Bogotá, D. C., Colombia

jiruizp@unal.edu.co

Juan Carlos Ruiz Vásquez

Doctor en Ciencia Política

Profesor titular, Facultad de Ciencia Política, Gobierno y

Relaciones Internacionales, Universidad del Rosario,

Bogotá, D. C., Colombia

juan.ruiz@urosario.edu.co

Omar Huertas Díaz

Posdoctor en Derecho,

Profesor asociado, Facultad de Derecho, Ciencias Políticas

y Sociales, Universidad Nacional de Colombia,

Bogotá D. C., Colombia

ohuertasd@unal.edu.co

Patricio Tudela Poblete

Doctor en Antropología

Director Área Análisis y Estudios de Fundación Paz Ciudadana

Santiago de Chile, Chile

ptudela@pazciudadana.cl

Comité Científico

Antonio Andrés Pueyo

Doctor en Psicología

Profesor, Departamento de Psicología Clínica y Psicobiología

Facultad de Psicología, Universidad de Barcelona,

Barcelona, España

andrespueyo@ub.edu

Diego Esparza

Doctor en Ciencia Política

Profesor, Department of Political Science, University of North Texas

Denton, EE. UU.

Diego.Esparza@unt.edu

Lucía Dammert

Doctora en Sociología

Investigadora, Centro de Estudios Sociales Enzo Faletto,

Facultad de Humanidades, Universidad de Santiago de Chile,

Santiago de Chile, Chile

lucia.dammert@usach.cl

Marta María Aguilar Cárceles

Doctora en Derecho,

Profesora contratada, Facultad de Derecho, Universidad de Murcia

Murcia, España

maguilarcarceles@um.es

Francesc Guillén Lasierra

Doctor en Derecho Público y Filosofía Jurídico-Política

Profesor, Universidad Autónoma de Barcelona

Barcelona, España

fguillen@gencat.net

Ramón Arce Fernández

Doctor en Psicología

Profesor, Facultad de Psicología,

Universidad de Santiago de Compostela

Santiago de Compostela, España

ramon.arce@usc.es

La Revista Logos Ciencia & Tecnología no se identifica, necesariamente, con las opiniones expresadas por los autores.

Contenido

Editorial. Juan Aparicio Barrera7

I. Artículos de investigación

Análisis del comportamiento dinámico de una suspensión de vehículo independiente de doble horquilla
[Analysis of the dynamic behavior of an independent double wishbone vehicle suspension] 10
Nelson Arzola de la Peña y César Andrés Castro Torres

Análisis descriptivo de las concepciones sobre historia de las ciencias en profesores en formación inicial
[Descriptive analysis of conceptions of the history of science in teachers in initial training]34
Henry Giovany Cabrera Castillo, Stefania Durán Piamba y Mario Quintanilla Gatica

Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red
[Harnessing solar energy for the Academic Area of the Police Aviation School through a photovoltaic system with grid connection]46
Giovanni Andrés Vargas G., Santiago Alejandro Gil Baena, John Edisson Díaz Figueroa y Luis Miguel Otálora Dueñas

Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca
[Characterization of the production processes of textile SMEs in Cundinamarca]60
Wilfrido Javier Arteaga Sarmiento, Diana Carolina Villamil Sandoval y Abraham Jesús González

Deformación de la participación y la democracia en la elección de los personeros estudiantiles
[Deformation of participation and democracy in student representative elections]78
Francy Julieth Quiceno Botero, Héctor Mauricio Rojas Betancur y Andrea Hernández Quirama

Diversidad genética en humanos mediante polimorfismos de inserción de Alu en la población de San Pelayo, Córdoba (Colombia)
[Genetic diversity in humans through Alu insertion polymorphisms in the population of San Pelayo, Córdoba- Colombia]86
Enrique Pardo Pérez, Teodora Inés Cavadía Martínez y Andrea Estefanía Cruz Cantero

Efecto de un inoculante microbiano sobre la calidad microbiológica y nutricional de ensilaje de *Morus alba* L. y *Sambucus nigra* L.
[Effect of a microbial inoculant on the microbiological and nutritional quality of *Morus alba* L. and *Sambucus nigra* L. silage.]93
Dania Fonseca-López y Carlos-Eduardo Rodríguez-Molano

Estrategia didáctica para fortalecer la competencia de comunicación matemática por medio de la fotografía [Didactic strategy to strengthen competence in mathematical communication through photography]	102
Beatriz Tirado Carvajal, Élgar Gualdrón Pinto y Adriana Ávila Zárate	
La educación inclusiva para el colectivo docente es un reto que se asume en soledad [Inclusive education for the faculty is a challenge to be met alone]	113
Andrea Hernández-Quirama y María del Pilar Oviedo-Cáceres	
Modelamiento estadístico de la lixiviación con cianuro de un mineral del municipio de Andes, Colombia, como alternativa al proceso de amalgamación [Statistical modeling of cyanide leaching of a mineral from the municipality of Andes, Colombia, as an alternative to the amalgamation process]	126
Jairo A. Ruiz Córdoba, Carlos A. López Cañas, María E. Carmona Arango y William Bolívar Gómez	
Molecular representations of stereoisomers with chiral centers using molecular models in origami [Representaciones moleculares de estereoisómeros con centros quirales mediante modelos moleculares en origami]	138
Diana Yicela Pineda Caro, Edgar Eduardo Vargas Aguilar y Oswaldo Eliécer Cárdenas González	
Resolución de problemas con tecnología en un ambiente de aprendizaje colaborativo wiki en la educación media [Problem solving with technology in a wiki-supported collaborative learning environment in secondary education]	151
Gerzon Yair Calle-Álvarez y Iván Darío Agudelo-Correa	

II. Estudios de Caso

Análisis espacial y temporal del hurto de celulares, Pereira, Risaralda, año 2018 [Spatial and temporal analysis of cell phone theft, Pereira, Risaralda, 2018]	167
Carlos Augusto Meneses Escobar, Cesar Manuel Castillo Rodriguez y Alejandro Rodas Vásquez	
Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: caso de una línea de confección de prendas [Simple Assembly Line Problem Type I (SALBP-I):The case of a clothing production line]	176
Diego León Peña Orozco y Jaime Leonardo Jiménez Gómez	

III. Artículos de revisión

Problemáticas en la contratación pública de mínima cuantía dentro de las entidades públicas con bajo presupuesto. Resultados de entrevistas aplicadas [Problems related to minimum purchase quantity contracts within public entities with low budgets. Results of applied interviews]	198
Luisa Fernanda Guzmán Hernández	

IV. Artículos teóricos

Transformaciones de la educación producto del influjo del modelo neoliberal: escuela sin atributos y jurisprudencia constitucional colombiana	
[Transformations in education as a result of the influence of the neoliberal model: School without attributes and Colombian constitutional jurisprudence]	213
Ana Patricia Pabón Mantilla, Javier Aguirre y Andrés Botero	
Acerca de la Revista Logos Ciencia & Tecnología	227

Editorial

Para citar / To reference / Para citar: Aparicio J. (2019). Editorial. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 7-8. doi: <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.1095>

Capitán Juan Aparicio Barrera

Editor

Policía Nacional de Colombia

El nuevo objeto de nuestra revista *Logos Ciencia & Tecnología* es divulgar y difundir (Ramírez, Martínez, Castellanos, & Colmenares, 2016) los resultados científicos de investigación desde diferentes disciplinas sobre temas de la policía (investigación criminal, inteligencia, prevención, gerencia del servicio y soporte), sus procesos tecnológicos en contextos locales e internacionales, la convivencia y la seguridad (pública o privada).

Este giro, luego de diez años de publicaciones ininterrumpidas, tiene como propósito contribuir en la idea de la policía basada en la evidencia empírica (Sherman, 2013) de fomentar los estudios y las investigaciones que respondan a la pregunta de qué es lo que en efecto resulta efectivo en los problemas de convivencia, seguridad y organizaciones policiales. Para esto, resulta fundamental el fomento de las investigaciones desde las diferentes disciplinas y estudios replicables en el ámbito nacional e internacional. Y esperamos que estos artículos sean una vitrina para difundir las investigaciones multidisciplinarias en estos asuntos.

Esta apuesta tiene por fin último impactar las realidades sociales y contribuir en las políticas públicas democráticas en convivencia y seguridad en los niveles locales, nacionales y transnacionales. En general, el efecto esperado es abandonar la costumbre, la tradición o la orden caprichosa como forma de proceder o generar políticas, para basar las distintas actuaciones en los ámbitos públicos y privados en información empírica, estudios, investigaciones, modelos previos, que permitan la toma de decisiones más racional o, por lo menos, con un mínimo de pruebas.

Lo anterior implica promover los estudios críticos, ya que no se trata de “aplaudirnos” en situaciones en las que se promueven solo estudios que resulten favorables a las organizaciones públicas o gobiernos de turno.

Esta última situación se reforzará con la consolidación de una nueva política ética de la publicación, de acuerdo con las directrices de la Committee on Publication Ethics (COPE). Se mantendrá la filosofía

de acceso abierto y de financiación de la publicación a partir de recursos públicos de la nación, que permite lograr autonomía y transparencia. Amén de la evaluación por pares de cada artículo. Acorde con estos nuevos preceptos, se renovaron el comité editorial y el comité científico, lo que permitió incluir a los mejores especialistas en estos asuntos en procura de la diversidad, la multidisciplinariedad y el carácter transnacional de una publicación que tiene su principal nicho en el ámbito iberoamericano.

Como siempre, los cambios suponen retos y detractores, pero también oportunidades y simpatizantes. Esto genera un nicho para los estudiosos y futuros investigadores, en particular centros, semilleros, grupos, observatorios y demás que tratan los problemas de policía, convivencia y seguridad. De igual forma, fomentar las publicaciones desde las organizaciones de policía y, en particular, desde las academias policiales.

Sin embargo, se tiene previsto un periodo de transición, en respeto de las anteriores postulaciones a la revista. En tal sentido, de los dieciséis artículos que contiene este número, algunos tratan de asuntos de pedagogía, matemáticas, química y administración, de modo que la gran mayoría están dedicados a los problemas tecnológicos de policía, seguridad y estudio del delito.

Finalmente, se invita a nuestra comunidad de lectores a revisar los últimos artículos de nuestra publicación y a opinar sobre ellos, a la espera de que sean de su entero agrado y fomenten su producción académica.

Referencias

- Ramírez Martínez, D. C., Martínez Ruiz, L. C., & Castellanos Domínguez, Ó. F. (2016). *Divulgación y difusión del conocimiento: las revistas científicas*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Sherman, L.W. (2013). *El auge de la actividad policial basada en la evidencia: focalización, testeo y seguimiento*. Filadelfia, EE. UU.: Crime Control Research Corporation.

I. Artículos de investigación

Artículo de investigación

Análisis del comportamiento dinámico de una suspensión de vehículo independiente de doble horquilla

Analysis of the dynamic behavior of an independent double wishbone vehicle suspension

Análise do comportamento dinâmico de uma suspensão duplo A de veículo independente

Nelson Arzola de la Peña* | César Andrés Castro Torres

^a Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Grupo de Investigación en Diseño Óptimo Multidisciplinario, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2018-07-03
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-09-06
- **Fecha de aprobación:** 2019-10-14
<http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.641>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Arzola de la Peña, N., & Castro Torres C. A. (2019). Análisis del comportamiento dinámico de una suspensión de vehículo independiente de doble horquilla. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 10-33. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.641>

RESUMEN

El artículo muestra un modelo teórico, programado con el software Matlab, que permite el análisis dinámico de una suspensión independiente de doble horquilla. La validación se realiza mediante un banco de pruebas y un modelo experimental, el cual permite adquirir datos sobre el comportamiento dinámico en función de dos parámetros fundamentales: amplitud y frecuencia de oscilación, los cuales representan el perfil del terreno y la velocidad lineal del vehículo, respectivamente. Se obtienen gráficas de posición, velocidad, aceleración y fuerzas sobre cada par cinemático y los centros de gravedad de cada componente, además de las fuerzas ejercidas por cada uno de los elementos que conforma el conjunto resorte-amortiguador, todos estos resultados en función de los dos parámetros fundamentales mencionados.

Palabras clave: Dinámica vehicular, suspensión de doble horquilla, diseño factorial, amplitud de oscilación, frecuencia de oscilación



SUMMARY

The article presents a theoretical model, programmed with Matlab software, which allows the dynamic analysis of an independent double wishbone suspension. The validation is performed by means of a test bench and an experimental model, which makes it possible to acquire data on the dynamic behavior according to two fundamental parameters: oscillation amplitude and oscillation frequency, which represent the terrain profile and the linear speed of the vehicle, respectively. Graphs are obtained of position, speed, acceleration and forces on each kinematic torque and the centers of gravity of each component, as well as the forces exerted by each of the elements that make up the spring-shock assembly. All of these results are based on the two fundamental parameters mentioned above.

Keywords: Vehicle dynamics, double wishbone suspension, factorial design, oscillation amplitude, oscillation frequency

SUMÁRIO

O artigo mostra um modelo teórico, programado com o software Matlab, que permite a análise dinâmica de uma suspensão duplo A independente. A validação é realizada por meio de uma bancada de testes e um modelo experimental, que permite adquirir dados sobre o comportamento dinâmico com base em dois parâmetros fundamentais: amplitude e frequência de oscilação, que representam o perfil do terreno e a velocidade linear do veículo, respectivamente. São obtidos gráficos de posição, velocidade, aceleração e forças sobre cada par cinemático e os centros de gravidade de cada componente, além das forças exercidas por cada um dos elementos que compõem o conjunto de mola-amortecedor, em que todos esses resultados dependem dos dois parâmetros fundamentais mencionados.

Palavras-chave: Dinâmica veicular, suspensão duplo A, desenho fatorial, amplitude de oscilação, frequência de oscilação

La suspensión es uno de los siete sistemas fundamentales del vehículo automotor, y tiene como cometido “absorber” las irregularidades del terreno sobre el que se desplaza, a la vez que mantiene las ruedas en contacto con el terreno, proporcionando a los pasajeros un adecuado nivel de confort y seguridad de marcha, protegiendo la carga y las piezas del automóvil (Morello, Genta, Cavallino & Filtri, 2014).

El vehículo automotor se ve sometido a factores que afectan su comportamiento, como son los cambios de velocidad del vehículo durante el proceso de frenado, la maniobrabilidad del piloto sobre la conducción, las condiciones topográficas, orográficas y climáticas de la región donde este trabaje. Las exigencias a las que se encuentre sometida la suspensión del automotor deben estudiarse a fondo, ya que de ella se desprende fundamentalmente todas las situaciones de comportamiento dinámico del vehículo.

El sistema de suspensión de un vehículo materializa la unión entre los conceptos de masa suspendida y masa no

suspendida (Mantilla, 2014). La masa suspendida es aquella que integra todos los elementos cuyo peso es soportado por el bastidor del vehículo (grupo motriz, carrocería, pasajeros, etc.). Mientras que la masa no suspendida comprende los demás componentes no soportados por el bastidor (ruedas, elementos estructurales de la suspensión, amortiguadores, frenos, etc.).

En la actualidad, el sistema de suspensión de los vehículos debe cumplir con una serie de requerimientos en relación con las diferentes condiciones de funcionamiento, ya sea acelerar, frenar, girar o la combinación de estas condiciones respecto a las irregularidades del terreno; además, existen diferencias entre una suspensión para eje delantero y para eje trasero, variando los requerimientos de diseño (Morello et al., 2014). Por ello, existe una gran variedad de configuraciones en un sistema de suspensión. Los distintos tipos de suspensión pueden clasificarse en tres grandes categorías: independiente, semiindependiente y dependiente.

En esta investigación se trabajará una suspensión independiente de doble horquilla, la cual ofrece una mejor calidad de conducción y características de manejo, gracias al menor peso no suspendido y la capacidad de cada rueda para abordar la carretera sin estar sometida al comportamiento dinámico de la otra rueda existente sobre un mismo eje, como sucede con la suspensión dependiente (Tanik & Parlaktaş, 2015). En la figura 1 se muestra de forma esquemática las partes de una suspensión de doble horquilla.

La función principal de los componentes flexibles en una suspensión es garantizar la adaptación a las irregularidades del terreno (Buitrago, 2011). Estos elementos garantizan el confort de la conducción almacenando la energía cinética generada por la carrera de la suspensión como energía elástica (Morello et al., 2014). Además, la posición de este elemento se diseña con el objetivo de que la fuerza máxima proveniente de un impacto se transfiera al resorte logrando proteger el bastidor (Thakare, Antapurkar, Shah, Dhamangaonkar & Sapali, 2015). El parámetro fundamental es el coeficiente de rigidez elástico, que se define como la relación entre la fuerza (o torque) que ejerce el componente elástico y su deformación lineal (o angular). Existen distintos tipos de soluciones aplicables al sistema de suspensión de un vehículo, entre ellos se encuentran los muelles de ballesta, helicoidal, de torsión, de goma y de gas, entre otros (Morello et al., 2014).

Por otro lado, los componentes de amortiguación tienen como función principal disipar las oscilaciones de la masa

suspendida originadas por el elemento flexible al adaptarse a las irregularidades del terreno. Quien materializa esta función, es el amortiguador, existen dos diferentes tipos de amortiguadores: por fricción sólida y los hidráulicos (fricción viscosa). Los amortiguadores por fricción sólida son muy poco usados en la actualidad gracias a la aparición de los amortiguadores hidráulicos, ya que estos ofrecen un mejor desempeño (Datte & Ross, 2016). El amortiguador más usado en la actualidad en los vehículos es el hidráulico con configuración telescópica. El parámetro fundamental que define a un amortiguador es el coeficiente de amortiguación. Este último varía de acuerdo con el tipo de vehículo debido a las condiciones de trabajo, se define como la relación entre la fuerza ejercida y la velocidad a la que se mueve el pistón del amortiguador.

Como componentes fundamentales se muestran los trapecios de suspensión, son los elementos que se encuentran anclados al bastidor o chasis del vehículo en la parte superior e inferior del sistema de suspensión por medio de cojinetes, lo que permite el movimiento de estos alrededor de un eje. En el otro extremo se ensambla la mangueta mediante rótulas que permiten el movimiento en tres direcciones (Sanz, 2015).

Todo vehículo tiene definidas unas dimensiones generales que establecen su configuración básica. En la figura 2 y con la ayuda de la tabla 1 se representan las dimensiones generales importantes para analizar un vehículo de dos ejes (Güler, 2006).

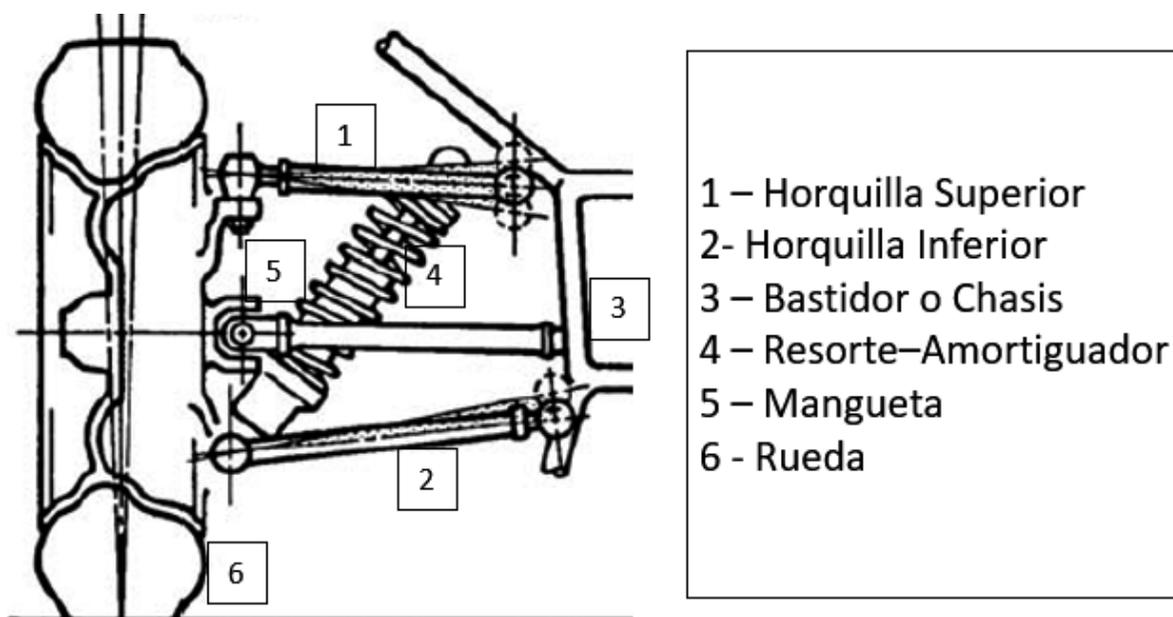


Figura 1. Suspensión de doble horquilla y sus componentes. Adaptada de Dixon (2009)

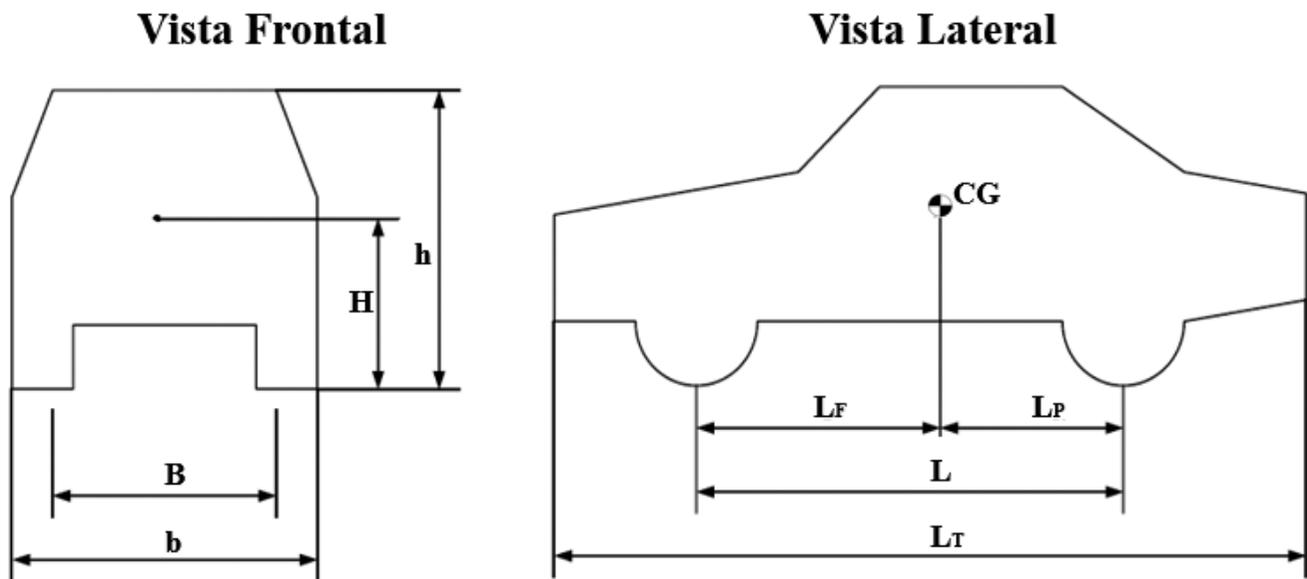


Figura 2. Configuración básica de un vehículo de dos ejes. Adaptada de Güler (2006).

Tabla 1. Descripción de parámetros para la configuración básica del vehículo (Güler, 2006)

Parámetro	Descripción
b	Ancho del vehículo
B	Ancho de vía del eje delantero
h	Altura del vehículo
H	Altura del centro de gravedad del vehículo
L_T	Largo del vehículo
L	Distancia entre ejes
L_F	Distancia del eje frontal al centro de gravedad
L_P	Distancia del eje posterior al centro de gravedad

Existen dos tipos de sistemas de coordenadas, como lo establece la ISO 8855 o la SAE (ISO 8855, 2011; Vega, Llanes-Cedeño & Molina, 2018). El común de las dos normas reside en que su origen se centra en el centro de gravedad del vehículo y se emplea un sistema de coordenadas cartesianas. En la figura 3 se representa el sistema coordenado y los giros asociados a cada eje para el análisis del comportamiento dinámico de un vehículo (Dixon, 2009).

Observando la suspensión desde la vista frontal del vehículo, y al prolongar las rectas que corresponden a los brazos de suspensión superior e inferior, existe un punto en el cual se intersecan, a este punto se le denomina el "centro instantáneo de rotación" (Dixon, 2009; Giovanni, 2012). El centro instantáneo de rotación de la suspensión es el punto sobre el cual girará la rueda y, por tanto, respecto a la posición espacial de este punto se realizará

un cambio en el ángulo de caída (Camber) al desplazarse la rueda verticalmente. La representación geométrica de este punto se muestra en la figura 4. Además, es importante definir la ubicación del centro de balanceo (véase figura 4), el cual se encuentra realizando la unión desde el centro instantáneo de rotación al punto medio de contacto del neumático con el suelo; en el punto en el que se intersecan esta recta creada anteriormente con el eje vertical del vehículo se localiza el centro de balanceo (Blundell & Harty, 2014; Giovanni, 2012).

Una medida de importancia es la distancia de este centro de balanceo al centro de gravedad del vehículo, el cual se denomina brazo de momento; esta distancia define el balanceo (*roll*) del vehículo. A mayor distancia, mayor balanceo, mientras que a menor distancia ocurre lo contrario (Giovanni, 2012).

El presente trabajo tiene como propósito realizar un estudio detallado sobre el comportamiento dinámico de un vehículo, mediante el desarrollo de modelos teóricos y de simulación, los cuales son contrastados con resultados experimentales obtenidos con la ayuda de un banco de pruebas especialmente desarrollado para la presente investigación. La obtención de modelos matemáticos validados para una suspensión de doble horquilla es de gran importancia para una mejor comprensión del comportamiento en operación de una suspensión y el diseño de nuevas configuraciones o modificaciones sobre geometrías ya existentes en los sistemas de suspensión de los automóviles. Además, pueden realizarse predicciones y

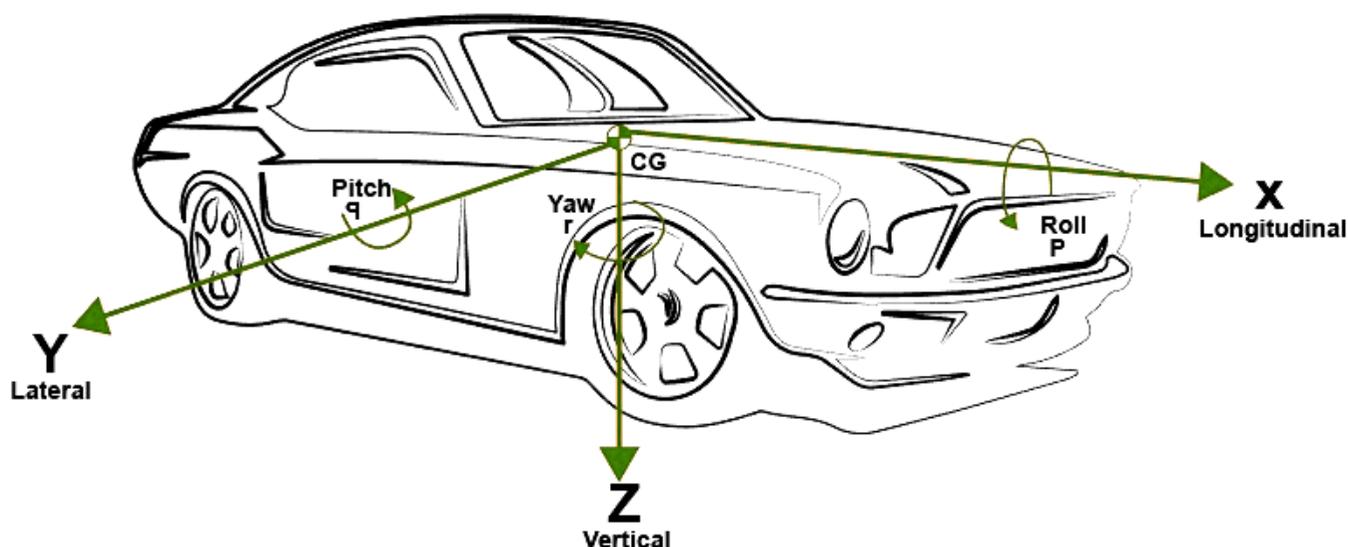


Figura 3. Sistema coordinado definido por la SAE y los ángulos de giro *pitch*, *roll* y *yaw* de un vehículo

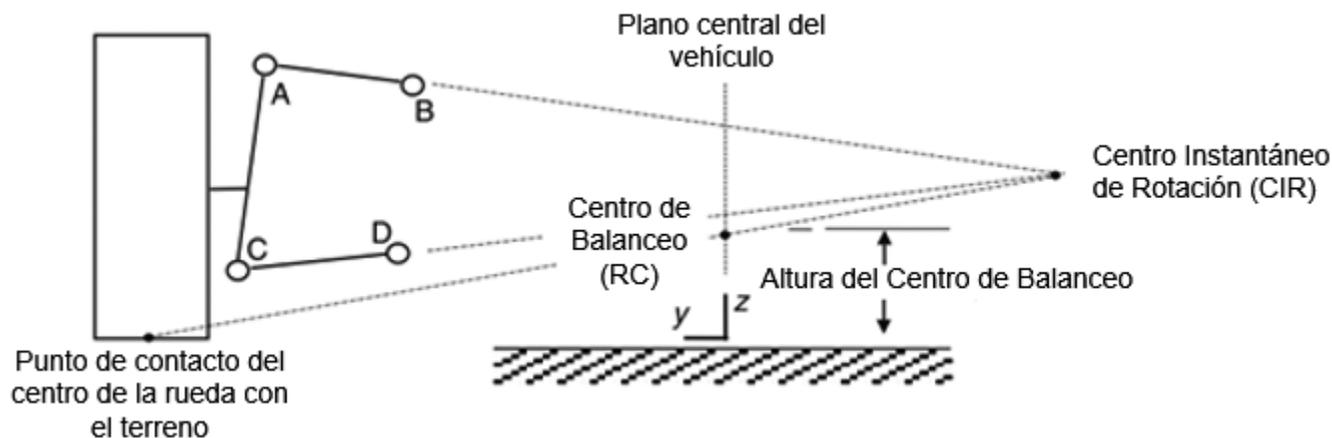


Figura 4. Diagrama que muestra la ubicación del centro instantáneo de rotación y del centro de balanceo. Adaptada de Blundell y Harty (2014)

comprobaciones a un costo razonable sobre el comportamiento del vehículo respecto a ciertas condiciones dadas.

■ Materiales y métodos

Planteamiento del modelo dinámico para la suspensión

El modelo teórico del fenómeno se plantea con $\frac{1}{4}$ de vehículo, para ello se han considerado modelos previos desarrollados por Rojas y Arzola (2013), Thacker (2015) y por Yu, Evangelou y Dini (2017); ya que cada configuración de suspensión tiene sus propios pros y contras cuando se trata de ganancias de inclinación respecto al centro de balanceo e inclinación debido al movimiento vertical de la rueda (*bump* y *rebound*) (Schommer, Soliman, Farias

& Martins, 2015). Este modelo teórico puede desarrollarse para cualquier tipo de configuración geométrica de una suspensión de doble horquilla; esto contempla, por ejemplo, suspensiones con brazos paralelos e iguales, paralelos y con la misma inclinación, paralelos no iguales, y brazos convergentes o divergentes con longitudes de brazos diferentes. En la figura 5 se muestran los parámetros geométricos de la configuración de la suspensión de doble horquilla, mientras que las variables asociadas a los esquemas mostrados anteriormente se encuentran descritas en la tabla 2.

Para describir la cinemática y la cinética del comportamiento de la suspensión es necesario encontrar las funciones que describen el movimiento de las juntas del mecanismo, así como las posiciones de los centros de

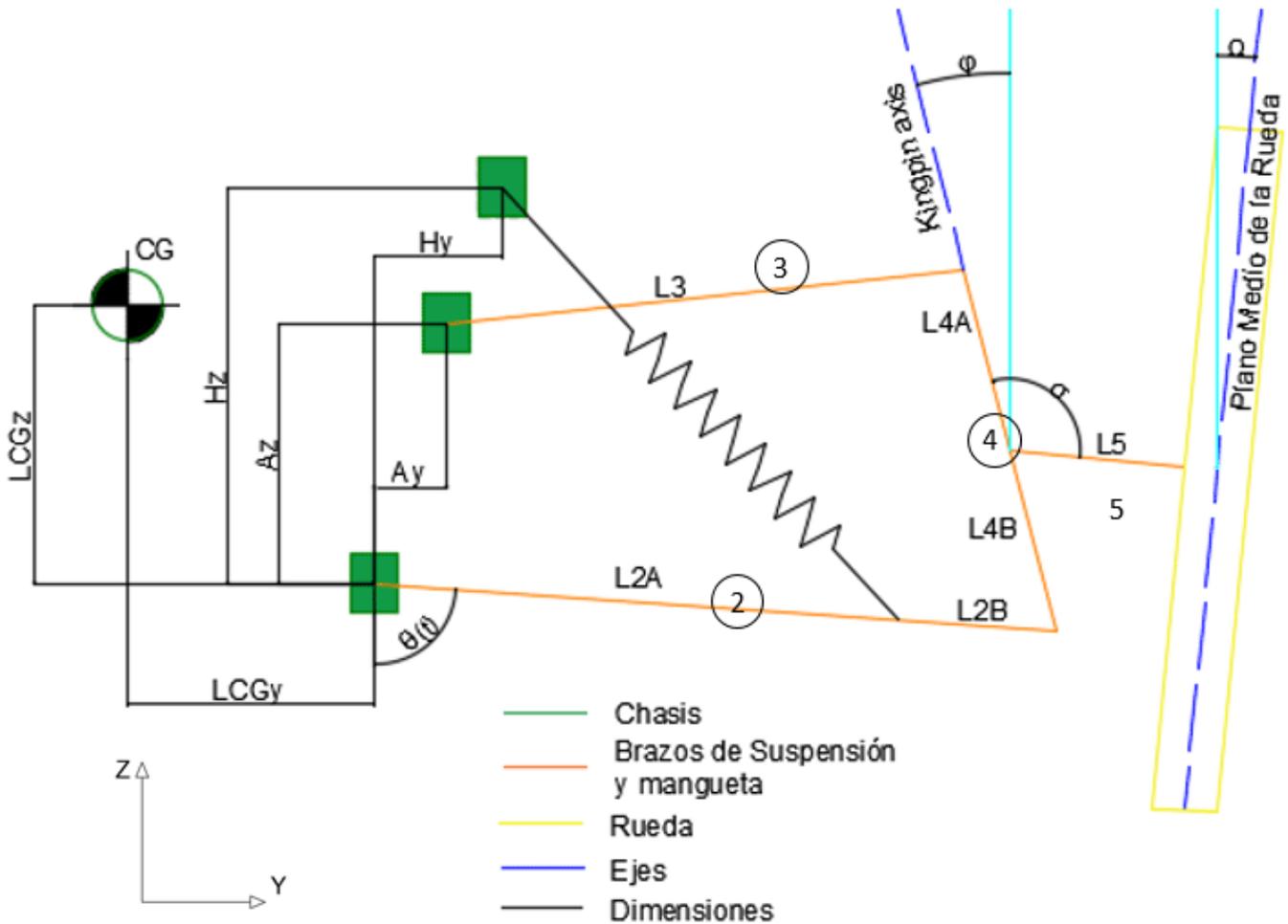


Figura 5. Parámetros geométricos de una suspensión de doble horquilla

masa de cada uno de los eslabones que componen el mecanismo. Para ello, se modela el comportamiento del mecanismo de cuatro barras usando mecánica vectorial para un movimiento plano. Esto debido a que los fenómenos más importantes ocurridos sobre una suspensión de doble horquilla se dan sobre el plano, además de que este estudio permite observar el comportamiento de parámetros como centro de balanceo, centros instantáneos de rotación, ángulo de caída, entre otros.

Como parte del análisis dinámico es importante definir la posición, velocidad y aceleración de los centros de masa de cada uno de los eslabones. En la figura 6 se muestra el esquema general de cualquier eslabón del mecanismo. El centro de masa se ubica respecto a un sistema de referencia prima anclado al eslabón bajo estudio, luego se realiza la transformación de coordenadas para hallar la posición del centro de masa respecto al sistema de referencia global de la suspensión. El procedimiento se repite

para cada uno de los eslabones de la suspensión mediante un análisis trigonométrico. Luego, con la primera y segunda derivada de las funciones obtenidas se hallan las funciones de velocidad y aceleración, respectivamente.

La matriz de análisis de las velocidades angulares para la suspensión queda expresada así:

$$\begin{bmatrix} r_{AB_z} & -r_{D/B_z} & 0 & 0 \\ -r_{AB_y} & r_{D/B_y} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{HE_z} & \frac{1}{|r_{EH}|} (r_{EH_y}) \\ 0 & 0 & -r_{HE_y} & \frac{1}{|r_{EH}|} (r_{EH_z}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \\ v_{E_5/E_6} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_2 r_{CD_z} \\ -\omega_2 r_{CD_y} \\ -v_{E_y} \\ -v_{E_z} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tabla 2. Definición de los parámetros necesarios para el modelo matemático

Parámetro	Descripción
m_s	Masa suspendida [kg]
m_{ns}	Masa no suspendida [kg]
L_{CGy}	Distancia horizontal del CG al punto de articulación del brazo inferior [m]
L_{CGz}	Distancia vertical del CG al punto de articulación del brazo inferior [m]
A_y	Distancia horizontal de la articulación del brazo inferior a la articulación del brazo superior [m]
A_z	Distancia vertical de la articulación del brazo inferior a la articulación del brazo superior [m]
H_y	Distancia horizontal de la articulación del brazo inferior a la articulación del conjunto resorte-amortiguador [m]
H_z	Distancia vertical de la articulación del brazo inferior a la articulación del conjunto resorte-amortiguador [m]
L_{2A}	Distancia de la articulación del brazo inferior a la articulación del conjunto resorte-amortiguador sobre este mismo brazo [m]
L_{2B}	Distancia entre la articulación del conjunto resorte-amortiguador sobre el brazo inferior hacia la mangueta [m]
L_3	Distancia entre la articulación del brazo superior hasta la mangueta [m]
L_{4A}	Distancia de la articulación superior de la mangueta hacia el eje de la rueda [m]
L_{4B}	Distancia de la articulación inferior de la mangueta hacia el eje de la rueda [m]
L_5	Medida del eje de la rueda [m]
σ	Ángulo entre la mangueta y el eje de la rueda [deg]
Ω	Ángulo Camber [deg]
$\theta(t)$	Inclinación del brazo inferior [deg]
φ	Ángulo Kingpin [deg]
k	Constante elástica del resorte [N/m]
C	Constante de amortiguación [Ns/m]
K_{rueda}	Constante elástica de la rueda [N/m]
C_{rueda}	Constante de amortiguación de la rueda [Ns/m]
$FP(t)$	Fuerza sobre la rueda (fuerza de entrada) [N]
ω_i	Velocidad angular del componente i [rad/s]
α_i	Aceleración angular del componente i [rad / s ²]
r_{ij}	Vector de posición del par i al par j [m]
V_i	Velocidad lineal del par i [m/s]
a_i	Aceleración lineal del par i [m / s ²]
F_{ij}	Fuerza del componente j ejercida sobre el componente i [N]
I_G	Momento de inercia de masa respecto al centro de gravedad [N]
m_i	Masa del componente i [kg]

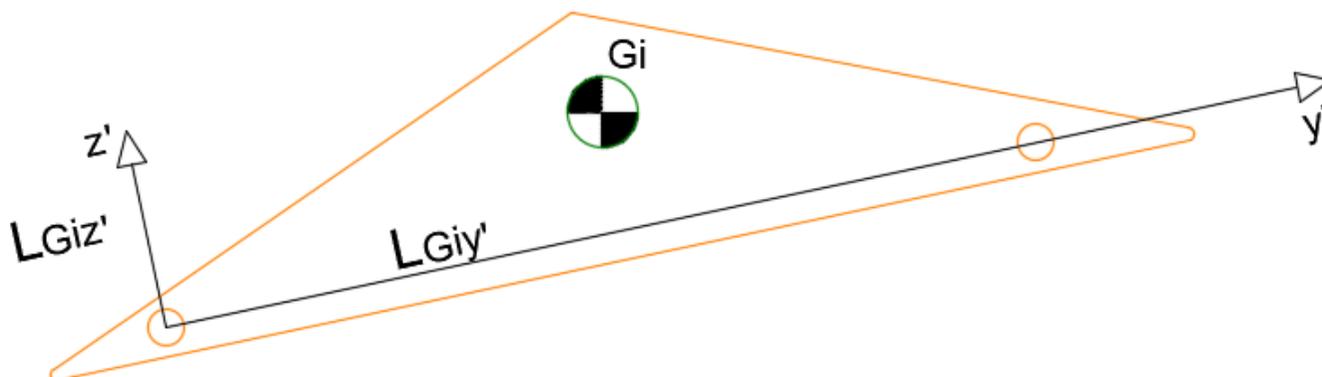


Figura 6. Centro de masa de un eslabón i sobre los ejes y' - z'

Luego, mediante el análisis de las aceleraciones se obtiene la matriz de solución para las aceleraciones angulares de los eslabones que conforman el mecanismo de la suspensión:

$$\begin{bmatrix} r_{AB_z} & -r_{D/B_z} & 0 & 0 \\ -r_{AB_y} & r_{D/B_y} & 0 & 0 \\ & & r_{HE_z} & \frac{r_{EH_y}}{|r_{EH}|} \\ r_{CE_z} & 0 & & \frac{r_{EH_z}}{|r_{EH}|} \\ r_{CE_y} & 0 & -r_{HE_y} & \frac{r_{EH_z}}{|r_{EH}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_{E_5/E_6}^d \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$= \begin{bmatrix} -\omega \frac{2}{3} r_{AB_y} + \omega \frac{2}{2} r_{CD_y} + \alpha 2 r_{CD_z} + \omega 4 r_{D/B_z} \\ -\omega \frac{2}{3} r_{AB_z} + \omega \frac{2}{2} r_{CD_z} - \alpha 2 r_{CD_y} + \omega 4 r_{D/B_z} \\ -\omega 5 \square_{E_5z} + \omega 3 \square_{E_z} + 2\omega 5 \square_{E_5/E_6z} \\ \omega 5 \square_{E_5y} + \omega 3 \square_{E_y} + 2\omega 5 \square_{E_5/E_6y} \end{bmatrix}$$

El análisis de fuerzas en los pares cinemáticos se realiza basado en Norton (2013). El método de solución es el newtoniano y se aplican las leyes de movimiento para un mecanismo plano mediante las expresiones:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (3)$$

$$\sum \vec{M} = I_G \vec{\alpha} \quad (4)$$

Es necesario hacer el diagrama de cuerpo libre para cada uno de los eslabones del mecanismo. Las masas y los momentos de inercia principales de cada componente son determinados mediante el software CAD, considerando la geometría detallada y la densidad del material del que están contruidos. En la figura 7 se muestra el análisis, la notación F_{ij} usada refiere a la fuerza ejercida del cuerpo i sobre el cuerpo j .

Desarrollando para cada componente (3) y (4) de acuerdo con el diagrama de cuerpo libre de la figura 7, se obtiene la matriz de solución de la cinética de la suspensión:

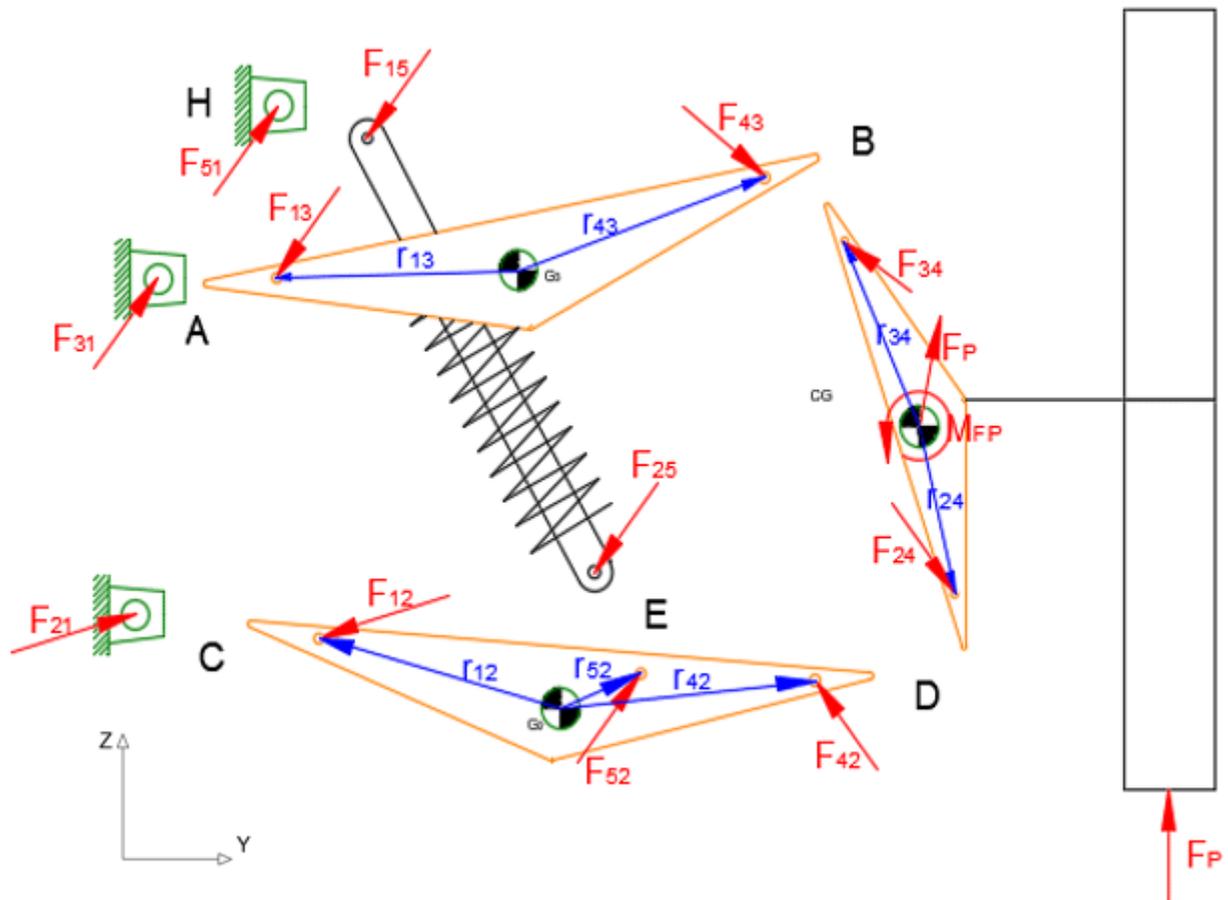


Figura 7. Diagrama de cuerpo libre de cada componente de la suspensión

$$\begin{bmatrix}
 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -r_{13z} & r_{13y} & -r_{43z} & r_{43y} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & r_{24z} & -r_{24y} & 0 & 0 & r_{34z} & -r_{34y} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 F_{12y} \\
 F_{12z} \\
 F_{42y} \\
 F_{42z} \\
 F_{13y} \\
 F_{13z} \\
 F_{43y} \\
 F_{43z} \\
 F_{15y} \\
 F_{15z}
 \end{bmatrix}
 \tag{5}$$

$$\begin{bmatrix}
 m_2 \ddot{x}_y - F_{52y} \\
 m_2 \ddot{x}_z - F_{52z} \\
 m_3 \ddot{x}_y \\
 m_3 \ddot{x}_z \\
 \ddot{\alpha}_3 \\
 m_4 \ddot{x}_y - F_{4y} \\
 m_4 \ddot{x}_z - F_{4z} \\
 \ddot{\alpha}_4 - \ddot{\theta}_4 + r_{4z} \ddot{\theta}_4 \\
 m_5 \ddot{x}_y - F_{52y} \\
 m_5 \ddot{x}_z - F_{52z}
 \end{bmatrix}$$

Se encuentra a continuación la ubicación del centro instantáneo de rotación. La solución se obtiene aislando y analizando el triángulo CIR-B-D de acuerdo con la figura 8. Además, otro asunto de interés es la determinación del

centro de balanceo, el cual se obtiene aislando y analizando el triángulo formado por los puntos CIRz-CIRy-P.

La posición del centro instantáneo de rotación (CIR) sobre el sistema coordenado Y-Z puede hallarse por medio de:

$$CIR_y = b \cos(\theta_2) - (r_{OC_y} + L_2 \cos(\theta_2)) \tag{6}$$

$$CIR_z = (b \sin(\theta_2) - L_2 \sin(\theta_2)) + r_{OC_z} \tag{7}$$

Donde b es la longitud de la línea que unen los puntos CIR y P; θ_2 es el ángulo formado entre la línea horizontal y b ; r_{OC_y} y r_{OC_z} son las componentes del vector que define el punto material C dentro del sistema de coordenadas global; L_2 es la longitud del brazo inferior de suspensión y CIR_y y CIR_z son las componentes del vector que define el centro instantáneo de rotación dentro del sistema de coordenadas global.

Por otro lado, la ubicación del centro de balanceo (RC) respecto al sistema coordenado Y-Z se encuentra como:

$$RC = \frac{P_y + r_{OC_y}}{CIR_y + P_y + r_{OC_y}} \tag{8}$$

Donde P_y es la posición horizontal (sobre el eje Y) desde el punto C (articulación del brazo inferior en el chasis) al punto P (punto medio de contacto de la rueda con el terreno).

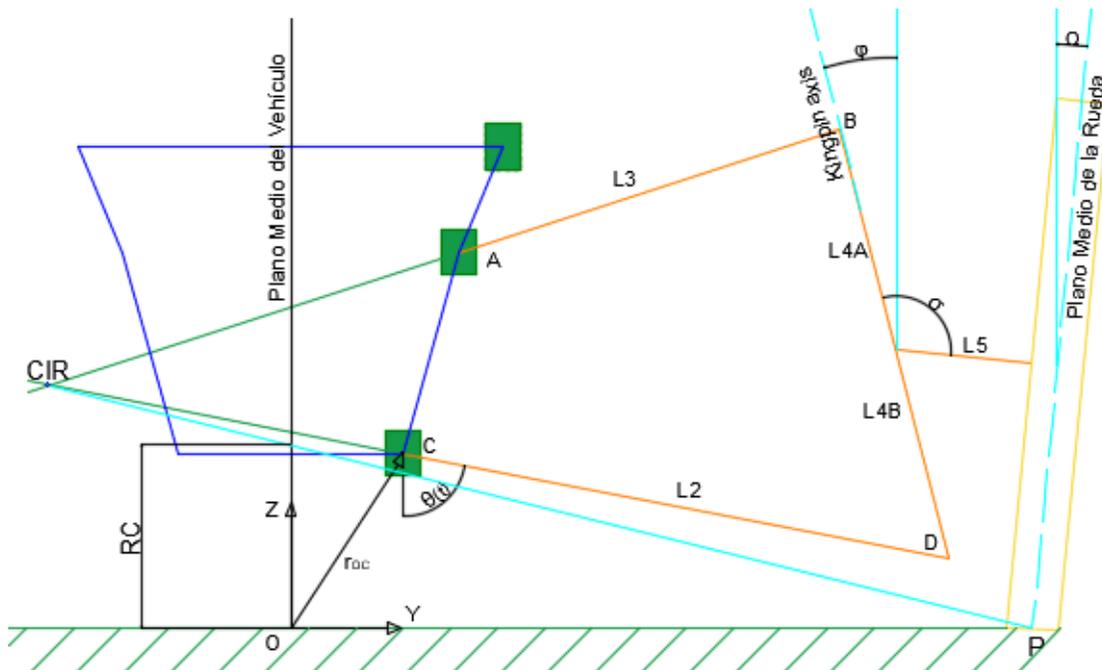


Figura 8. Análisis para determinar el centro instantáneo de rotación (CIR) y el centro de balanceo (RC)

La programación del modelo teórico se basa en las ecuaciones desarrolladas (1-8), las cuales son implementadas y resueltas con el software Matlab. En la figura 9 se muestra un diagrama de bloques con el flujo de información que utiliza el programa desarrollado, para alcanzar resultados tabulados y gráficas de comportamiento de la suspensión objeto de estudio.

Desarrollo de un banco de pruebas de una suspensión

Con el propósito de obtener información experimental sobre las variables cinemáticas y dinámicas de una suspensión se diseña y construye un banco de ensayos. Este banco permite la ejecución de pruebas con distintas configuraciones de suspensiones independientes de tipo doble horquilla. Se pueden lograr varias configuraciones variando, por ejemplo, su geometría (dimensiones de los brazos de la suspensión y de la mangueta), dando como resultado el cambio del comportamiento dinámico de la suspensión. Para el presente estudio se emplean brazos de suspensión, inferior y superior, iguales y paralelos, pero el banco podría ensayarse con otras configuraciones. Además, es posible probar numerosas combinaciones del conjunto resorte-amortiguador, intercambiando este sub-sistema, así como los puntos de fijación en la suspensión.

Para cada tipo de terreno o distintas circunstancias de funcionamiento del sistema de suspensión del vehículo, se tienen diferentes amplitudes y frecuencias de oscilación. Además de ello, según Luna y Vallejo (2017), los valores

generales de amplitud de oscilación de una suspensión de vehículo se encuentran en torno a los 110 mm y recomienda para los ensayos controlados una frecuencia máxima de 20 Hz.

En la figura 10 se muestra la vista lateral de la instalación experimental, junto con un diagrama que aclara los puntos de medición y la conexión al sistema de adquisición de datos. El banco de pruebas cuenta con la posibilidad de manejar dos factores experimentales independientes: amplitud del recorrido y la frecuencia de la oscilación. El primero de ellos puede ajustarse en un rango de 0 – 127 mm y el segundo en un rango de 0 – 10 Hz, respectivamente. Sin embargo, este rango de frecuencias que se reporta es general, descrito por varios autores para una amplia gama de suspensiones y vehículos. En la presente investigación se decidió experimentar con los dos niveles de frecuencia que se muestran en la tabla 3, fundamentalmente para comprobar la resolución de la instrumentación implementada en la instalación experimental; si es capaz de encontrar diferencias en el funcionamiento, para valores relativamente cercanos de frecuencias de aplicación de carga, lo hará también para frecuencias aplicadas más alejadas entre sí. Las frecuencias utilizadas serían propias de un vehículo desplazándose por un terreno ondulado o baja/moderada velocidad. La magnitud de la fuerza aplicada en función del tiempo que se utiliza para validar el modelo teórico (véase figura 13) responde a las fuerzas que el banco experimental es capaz de soportar con seguridad. Igual que en el caso de la frecuencia, esta función

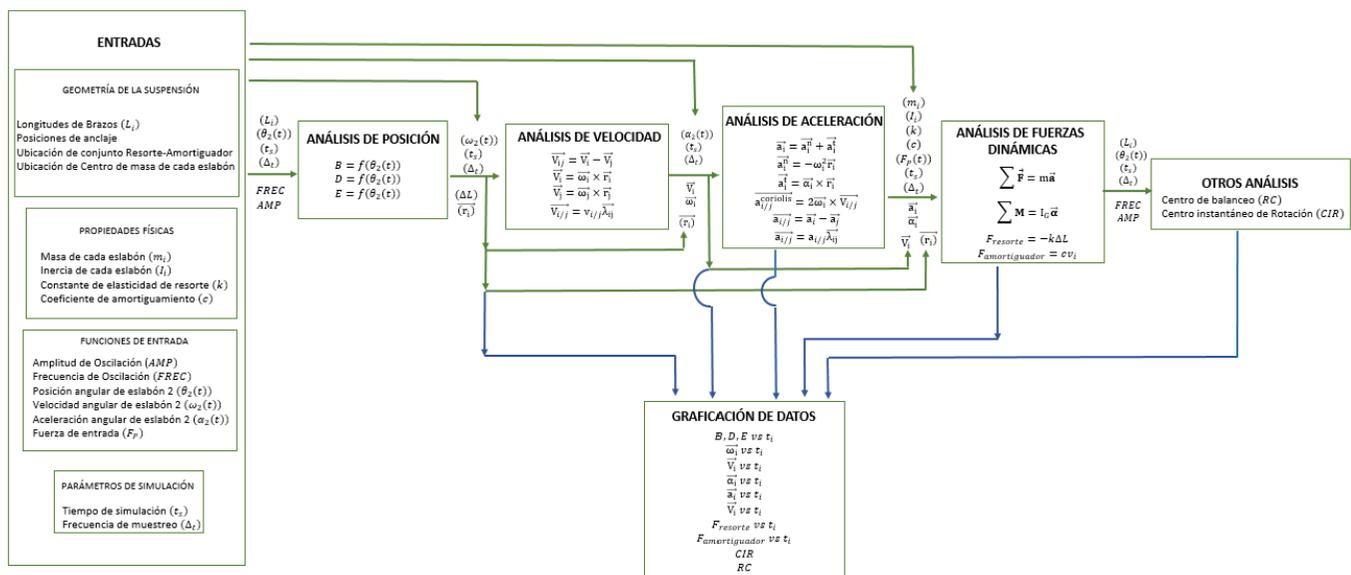
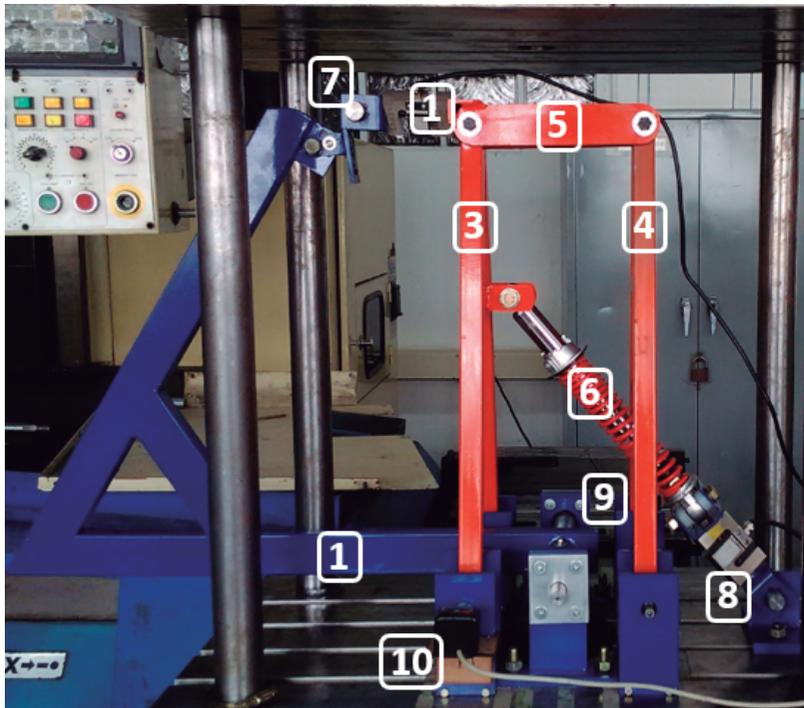


Figura 9. Diagrama de bloques guía para el desarrollo del programa en Matlab



- 1 - Mecanismo de Excitación.
- 2 - Mecanismo de Aplicación de Carga
- 3 - Brazo Inferior
- 4 - Brazo Superior
- 5 - Mangueta
- 6 - Conjunto Resorte Amortiguador
- 7 - Celda de Carga (Fuerza Aplicada)
- 8 - Celda de Carga (Fuerza del Conjunto Resorte amortiguador)
- 9 - Potenciómetro (Posición Angular del Brazo Superior)
- 10 - Potenciómetro (Posición Angular Brazo Inferior)

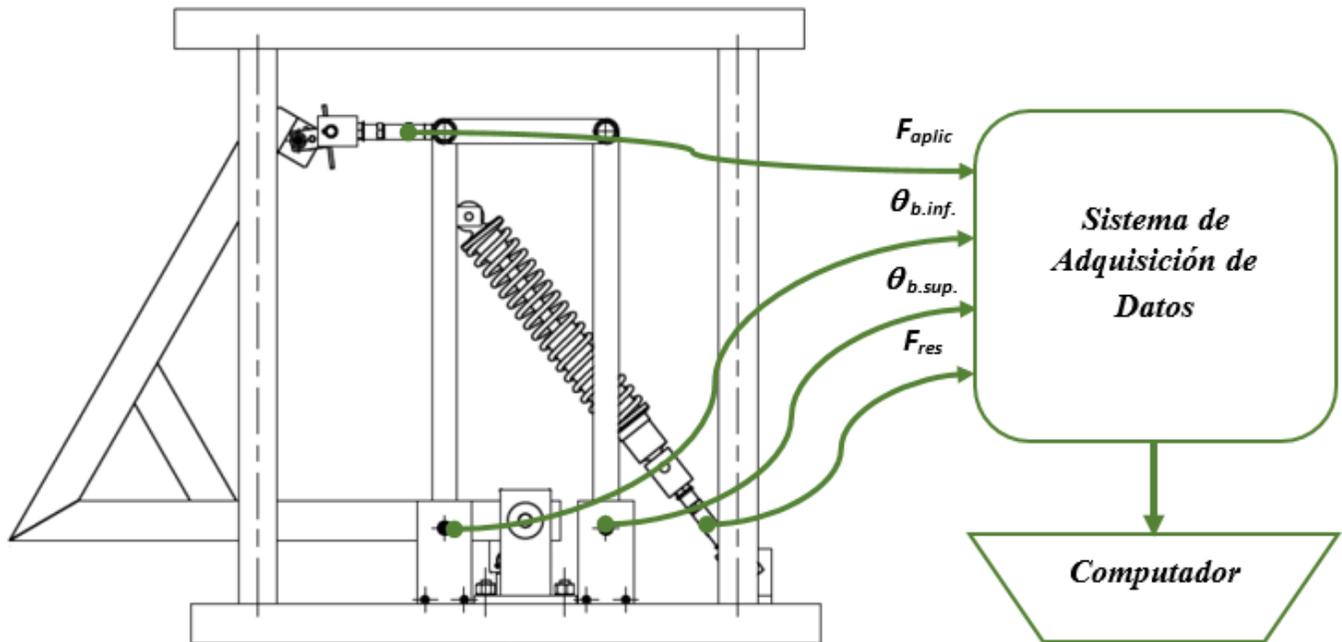


Figura 10. Banco de pruebas para el análisis dinámico de la suspensión de un vehículo y representación del sistema de adquisición de los datos medidos

de fuerza aplicada es consistente con las cargas que experimentarían una suspensión de vehículo monoplaza ligero.

Tabla 3. Niveles para los factores independientes del diseño de experimentos

Factor	Nivel inferior	Nivel superior
Amplitud [mm]	35	127
Frecuencia [Hz]	0,5	1,0

Debido a las condiciones de operación que se quieren estudiar, el diseño experimental es basado en un arreglo factorial completo, de dos factores con dos niveles cada uno. Este tipo de diseño permite el estudio del efecto conjunto de los factores amplitud y frecuencia del movimiento sobre las respuestas dinámicas de la suspensión.

El sistema de medición consta de cuatro puntos de medición, dos de ellos son celdas de carga, la primera ubicada

en la entrada del sistema (mangueta) y la segunda en el conjunto resorte-amortiguador. Los otros dos sensores son potenciómetros calibrados para medir la posición angular de cada brazo de la suspensión. La información de los sensores es procesada con el software LabView y su registro es almacenado en un archivo tipo .xls. La señal de los cuatro sensores se toma a una frecuencia de muestreo de 15 Hz. Además, el sistema de medición cuenta con una calibración previa mediante software para minimizar el error de medición. La información medida es registrada y es útil para determinar el comportamiento en función del tiempo de la fuerza aplicada a la suspensión, fuerza en el resorte, fuerza en el amortiguador, posición angular, velocidad y aceleración angulares de los brazos de la suspensión.

Se necesita contar con la caracterización del conjunto resorte-amortiguador por medio de pruebas de movimiento cíclico. Se hacen dos tipos de ensayos, el primero para el conjunto resorte-amortiguador y el segundo solo para el amortiguador. Para el primer ensayo, se aplica una carga de compresión sobre el conjunto resorte-amortiguador de 0 a 1 kN, a una velocidad de 100 mm/s. Para esto se emplea una máquina universal de ensayos marca Shimadzu referencia AGX PLUS 300 kN. Los resultados de esta caracterización se muestran en la figura 11. En el diagrama de carga contra desplazamiento se aprecian dos segmentos: el primer segmento corresponde al primer ciclo del ensayo donde es necesario que la máquina de ensayos supere la inercia propia del componente, por ende, su deformación es mayor, así como la fuerza ejercida; el segundo segmento, así como los ciclos posteriores, corresponde a un comportamiento estable, donde se evidencian los recorridos de acortamiento (*bump*) y alargamiento (*rebound*); para el primero de ellos es necesario aplicar más fuerza, debido a las especificaciones técnicas incorporadas en este componente de la suspensión.

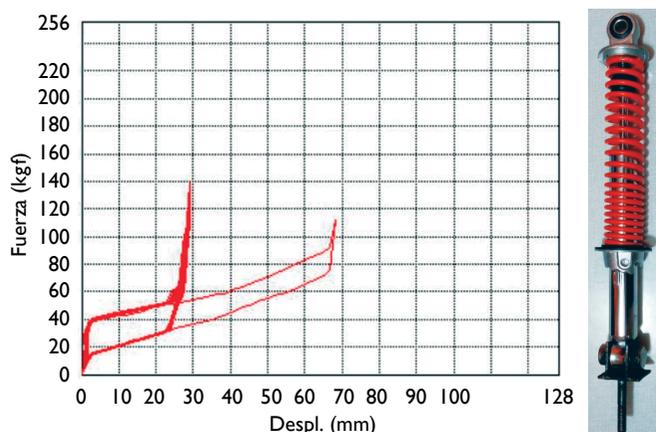


Figura 11. Curva de comportamiento para el conjunto resorte-amortiguador

Para el segundo ensayo, se aplicó de nuevo un movimiento cíclico, pero ahora solo sobre el amortiguador (el resorte fue removido). La figura 12 muestra la fuerza ejercida en los recorridos de acortamiento (*bump*) y alargamiento (*rebound*) en función del desplazamiento (el primero de ellos con una fuerza mayor). Este segundo ensayo se hizo con las mismas condiciones del primero.

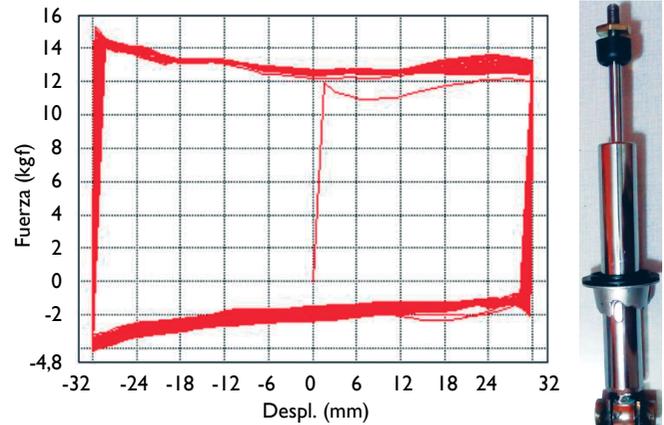


Figura 12. Curva de caracterización para el amortiguador

Con la información suministrada por estos dos ensayos fue posible caracterizar al conjunto resorte-amortiguador, obteniéndose la constante de rigidez elástica y los coeficientes de amortiguamiento en los recorridos de acortamiento y alargamiento, respectivamente.

Resultados

Resultados para el modelo teórico

En la figura 13 se muestran las curvas de posición, velocidad y aceleración angulares del eslabón 2 ($\theta(t)$, $\omega_2(t)$, $\alpha_2(t)$), así como la fuerza de entrada (F_p) a la suspensión. Las curvas son obtenidas para una condición de bache sobre el pavimento con perfil sinusoidal, con una única repetición.

Las trayectorias que experimentan las juntas, centros de masa y el punto medio de la rueda con el suelo, es un resultado de importancia en el diseño y análisis del comportamiento de una suspensión. En la figura 14 se muestra el movimiento de los puntos de interés cinemático sobre la configuración geométrica con la cual se realizaron las pruebas experimentales. Es de notar el recorrido pequeño que realiza el centro de masa del conjunto resorte-amortiguador. En el presente estudio se definió una ecuación de comportamiento del momento de inercia principal másico para este conjunto en función de su elongación.

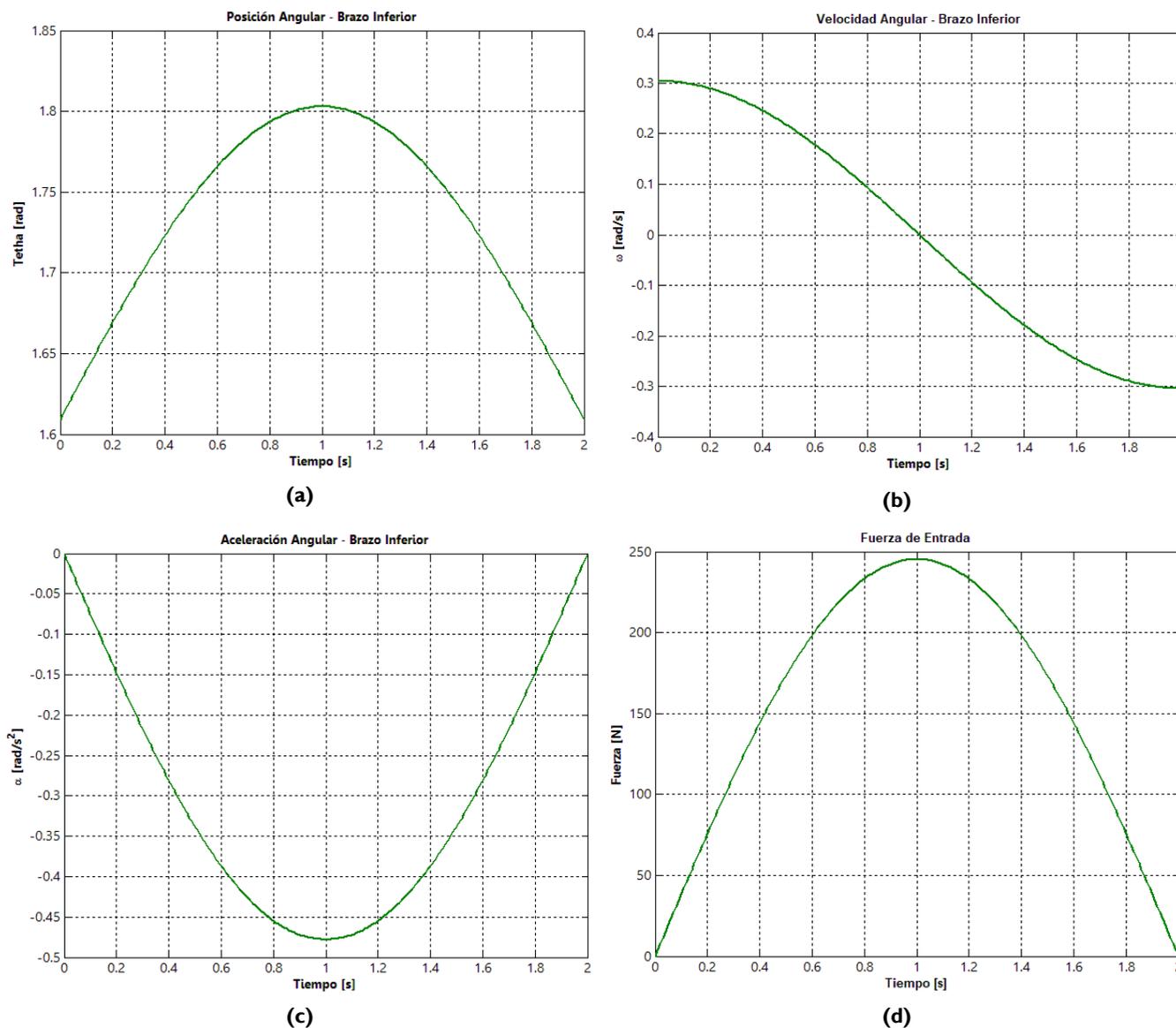


Figura 13. Funciones de entrada para el modelo teórico: (a) posición angular; (b) velocidad angular; (c) aceleración angular y (d) fuerza en el punto de contacto de la rueda con el pavimento

No obstante, se encuentra que la influencia de la variación del momento de inercia efectivo de este componente sobre la dinámica de la suspensión resulta insignificante.

Las velocidades y aceleraciones angulares que experimentan los eslabones principales de la suspensión son calculadas resolviendo el sistema de ecuaciones obtenidas del análisis cinemático. Las curvas mostradas en la figura 15, corresponden a las velocidades y aceleraciones angulares de cada uno de los elementos que integran el sistema de suspensión; estas curvas muestran el comportamiento para una amplitud de oscilación de 127 mm y una frecuencia de 0,5 Hz. La cinemática de ambos brazos, inferior y superior, coincide debido a que son iguales y paralelos,

pero esto en general no es así. Estos resultados pueden contrastarse con los datos obtenidos mediante experimentación.

Para realizar el estudio de los factores independientes de amplitud y frecuencia se usa una función de posición de entrada senoidal mostrada en la figura 13, dado que al ser una función periódica suave permite observar de una mejor manera el comportamiento de las diferentes variables dependientes.

En las figuras 16 y 17 se muestra el comportamiento de la velocidad y aceleración angulares de los brazos superior e inferior, para los dos niveles de la amplitud de la oscilación y los dos niveles de frecuencia, respectivamente.

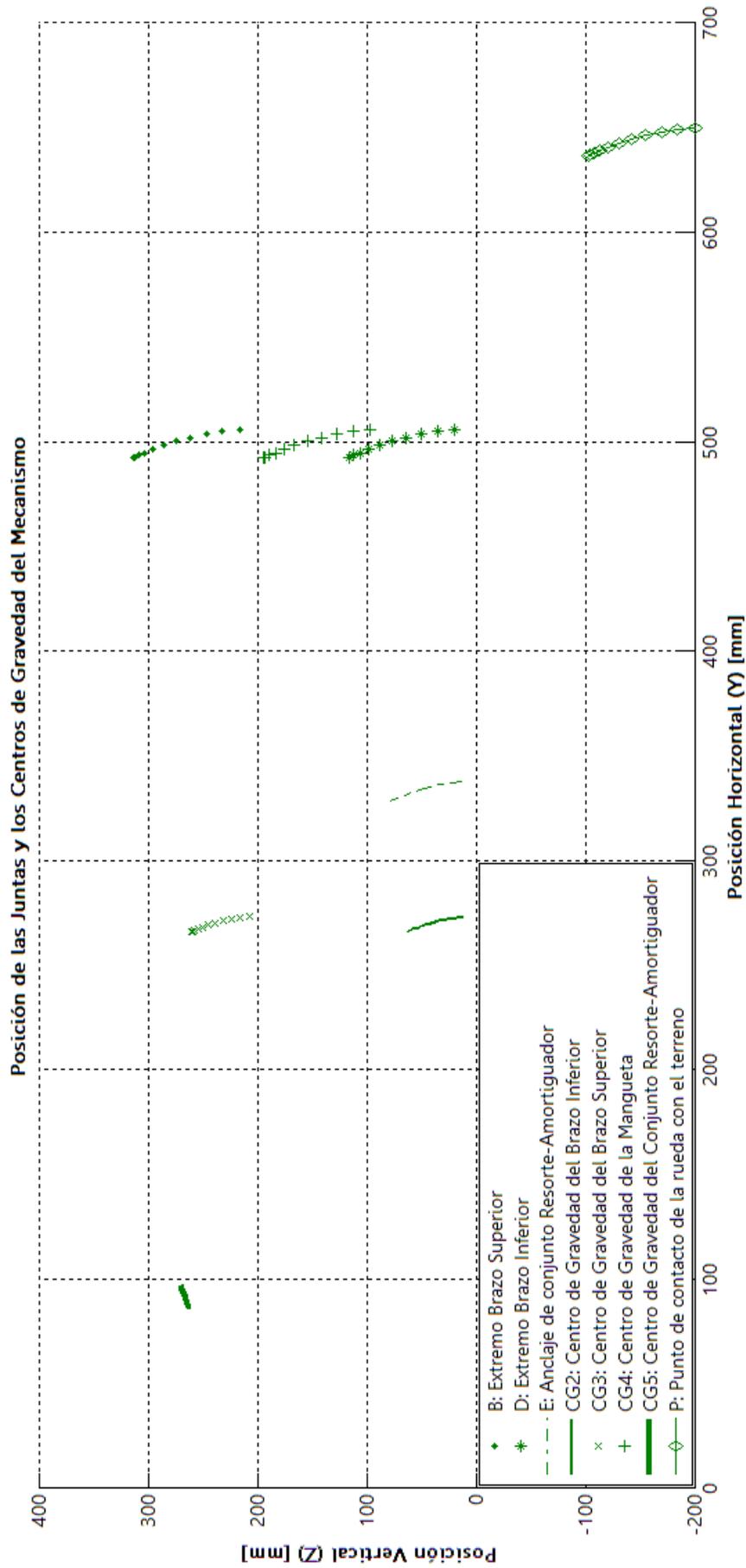


Figura 14. Trayectorias de los pares cinemáticos, centros de gravedad y punto de contacto medio de la rueda con el pavimento

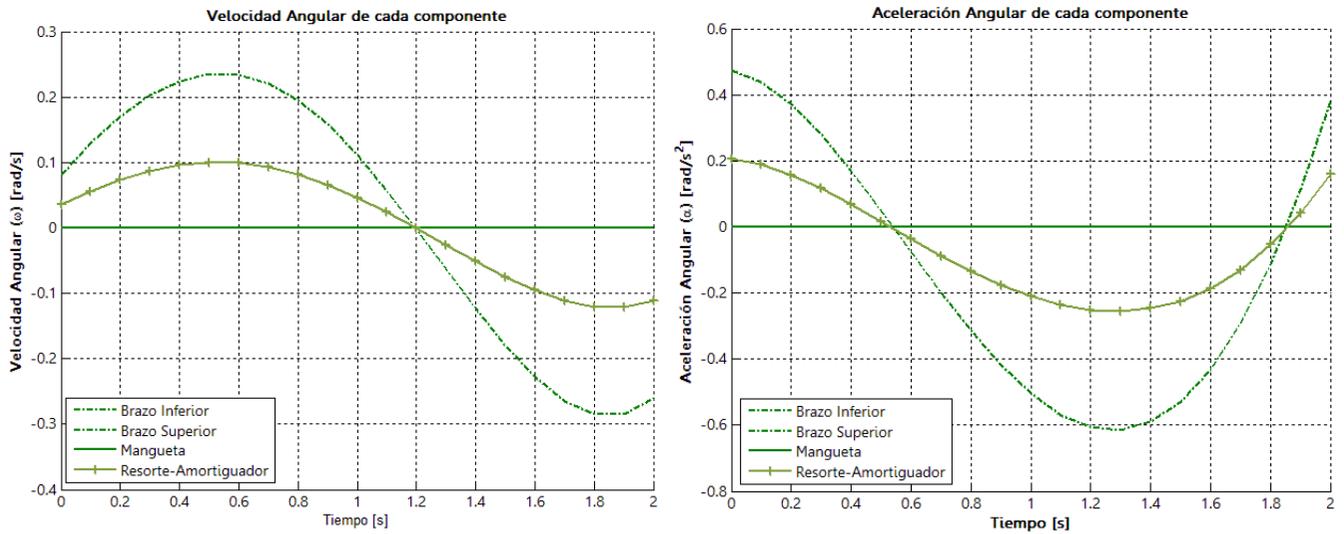


Figura 15. Velocidad y aceleración angulares para cada componente de la suspensión para condición de oscilación con amplitud de 127 mm y frecuencia de 0,5 Hz

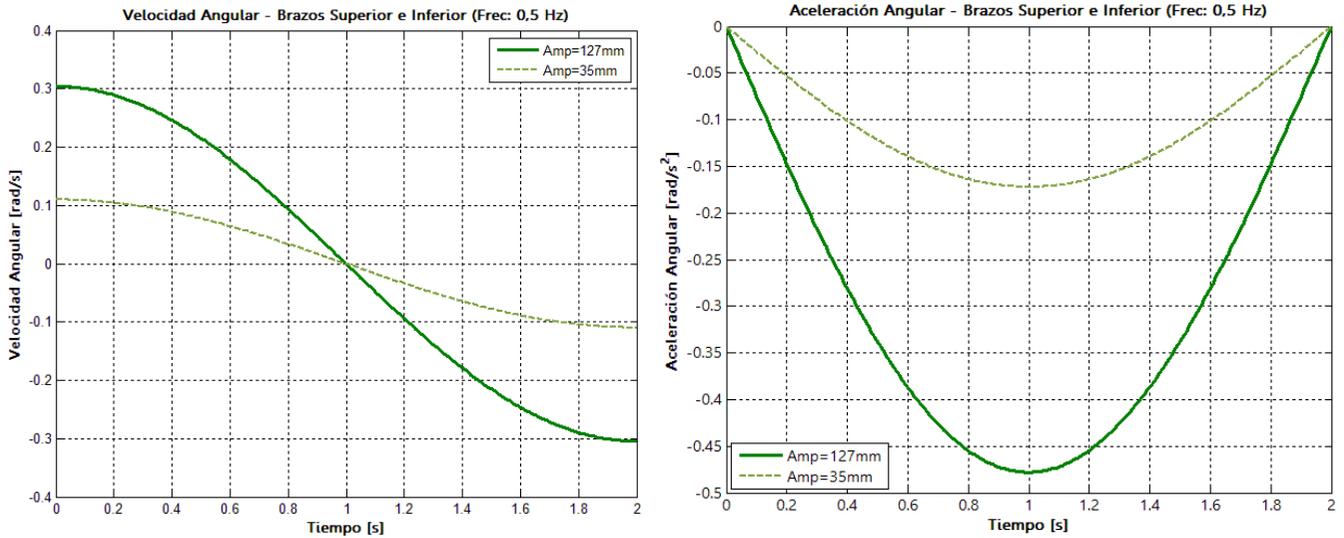


Figura 16. Velocidad y aceleración angulares que experimentan los brazos superior e inferior para una frecuencia de 0,5 Hz

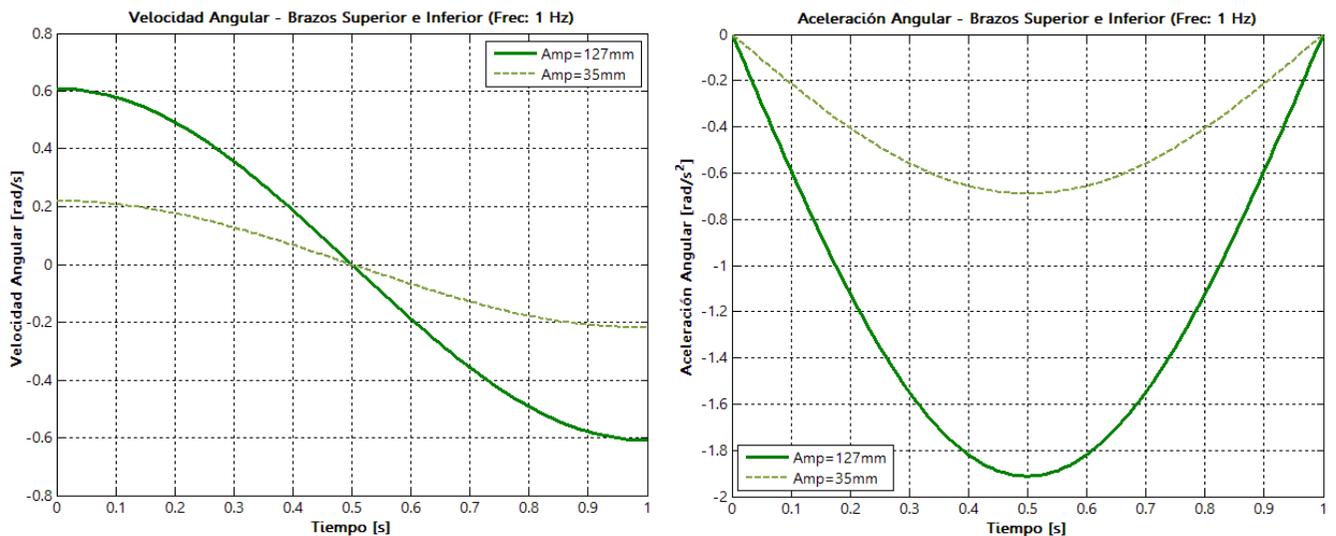


Figura 17. Velocidad y aceleración angulares que experimentan los brazos superior e inferior para una frecuencia de 1 Hz

También se obtienen las aceleraciones lineales, componente horizontal, componente vertical y resultante, que experimentan cada una de los pares cinemáticos y los centros de masa de los eslabones que conforman la suspensión. En la figura 18 se muestra el comportamiento de las aceleraciones de los centros de masa del brazo inferior (a) y de la mangueta (b), respectivamente, para los dos niveles de la amplitud de la oscilación y los dos niveles de frecuencia.

Luego de definir la cinemática del mecanismo de la suspensión se obtienen los resultados para el comportamiento dinámico. Por medio de la solución del modelo cinético es posible encontrar las fuerzas sobre cada uno de los pares cinemáticos, así como sobre el conjunto resorte-

amortiguador. En la figura 19 es posible apreciar la evolución de las fuerzas resultantes sobre las cuatro juntas que posee la suspensión, para los dos niveles de la amplitud de la oscilación y los dos niveles de frecuencia definidos. Las letras empleadas para la identificación de las juntas se corresponden con las presentadas previamente en la figura 7.

Se muestra en la figura 20 el comportamiento de las fuerzas que actúan sobre los elementos que componen el conjunto resorte-amortiguador. Se puede apreciar que actúa sobre el conjunto resorte-amortiguador una pre-carga de 85 N, la cual provoca una deformación inicial y el consiguiente prehundimiento del componente elástico y el amortiguador, respectivamente.

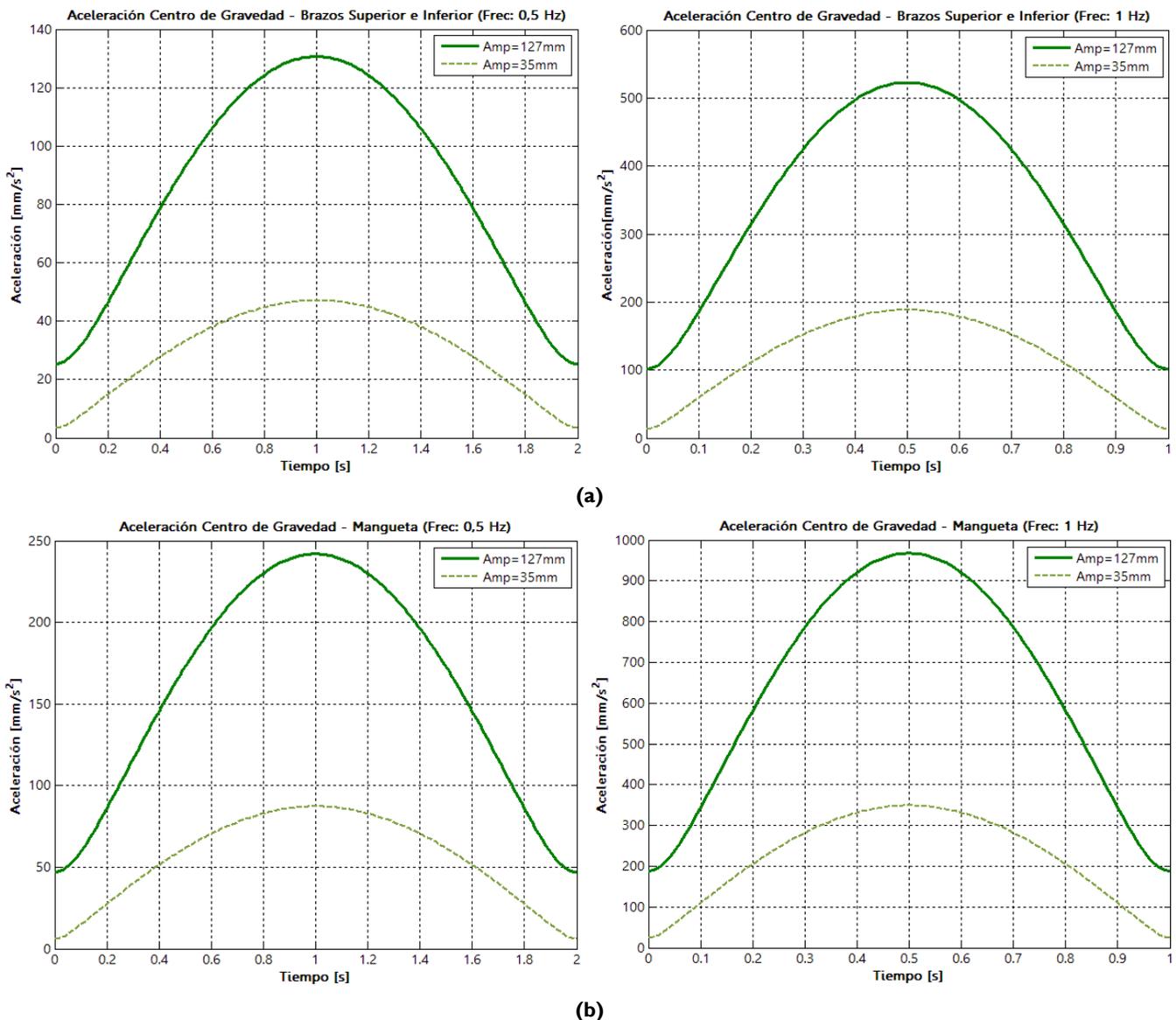


Figura 18. Comportamiento de las aceleraciones de los centros de masa para: (a) brazos superior e inferior y (b) mangueta

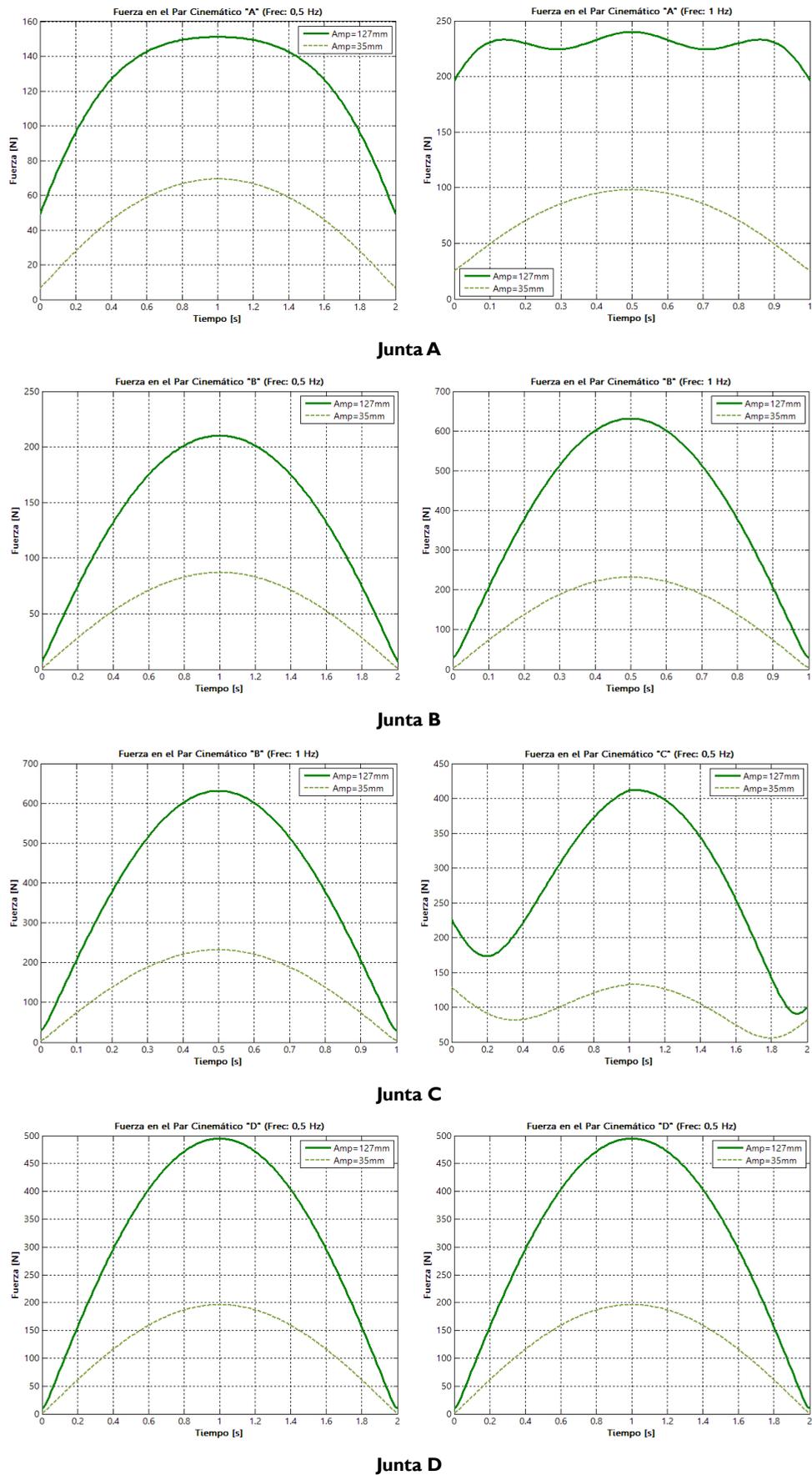


Figura 19. Comportamiento de las fuerzas en los pares cinemáticos

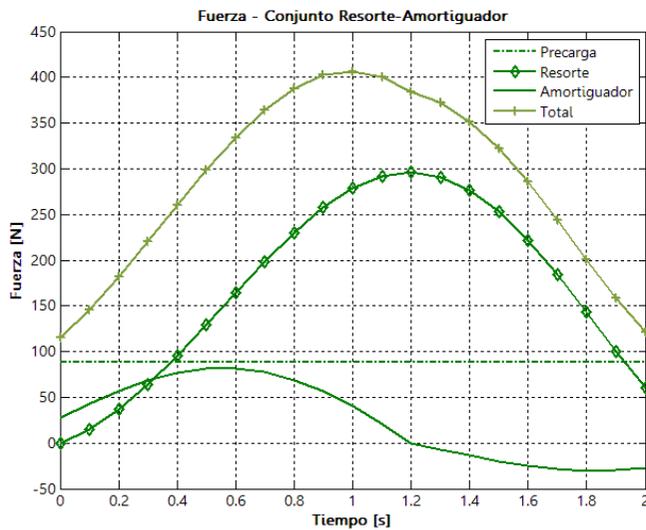


Figura 20. Fuerzas en los elementos del conjunto resorte-amortiguador para una amplitud de 127 mm y una frecuencia de 0,5 Hz

Como parámetros cinemáticos importantes en el estudio de la suspensión sobre el modelo matemático, se obtiene el comportamiento tanto en el tiempo como en el espacio del centro instantáneo de rotación (CIR) y centro de balanceo (RC). En la figura 21 aparece, tanto la evolución del recorrido como el cambio de magnitud en función del tiempo, del centro instantáneo de rotación para la suspensión bajo estudio.

Finalmente, en la figura 22 se muestra el comportamiento del centro de balanceo para la suspensión bajo estudio respecto al tiempo.

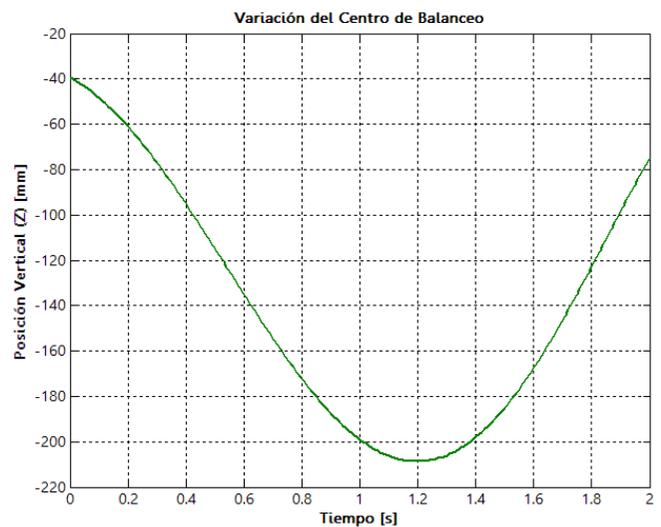
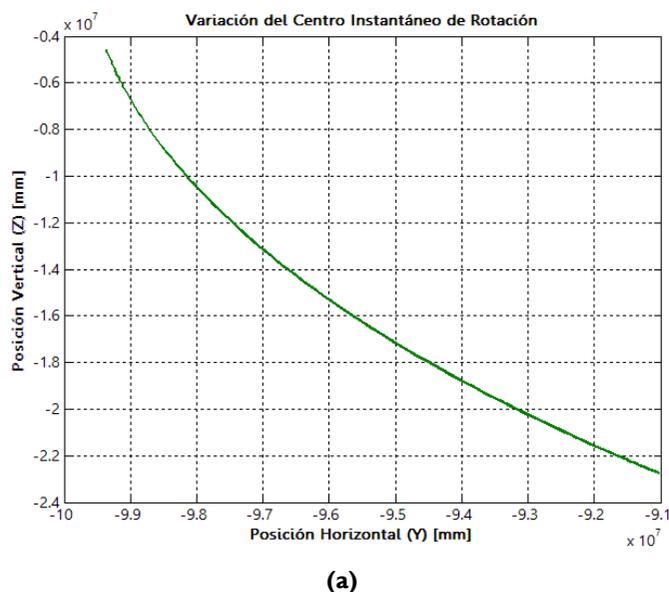


Figura 22. Variación del centro de balanceo respecto al tiempo

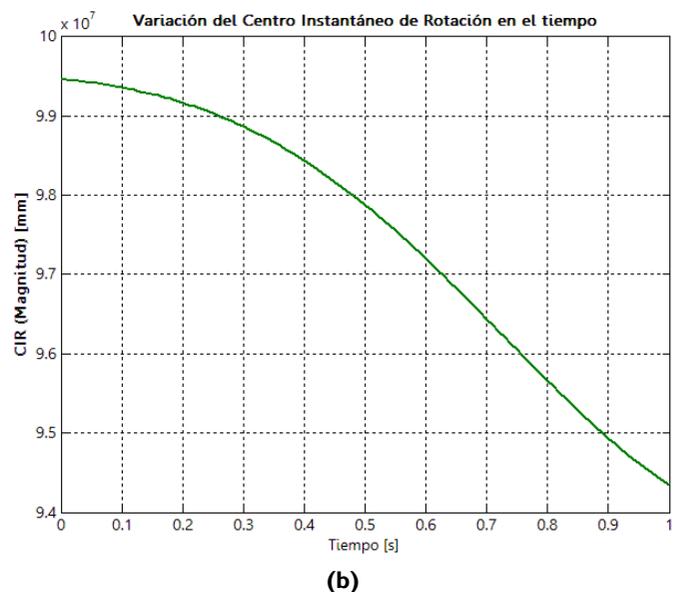
Resultados experimentales

Los datos de posición angular obtenidos con ayuda de la instalación experimental son utilizados para calcular las funciones de velocidad y aceleración angular de cada uno de los eslabones de la suspensión. En las figuras 23 y 24 aparecen las curvas de aceleración angular de los brazos superior e inferior, para los dos niveles de la amplitud de la oscilación y una frecuencia de 0,5 Hz.

En la figura 25 se aprecia el comportamiento de la fuerza resultante que experimenta el conjunto resorte-amortiguador, para un nivel de amplitud de oscilación de 127 mm y una



(a)



(b)

Figura 21. Variación del centro instantáneo de rotación (CIR), (a) en el espacio y (b) en el tiempo

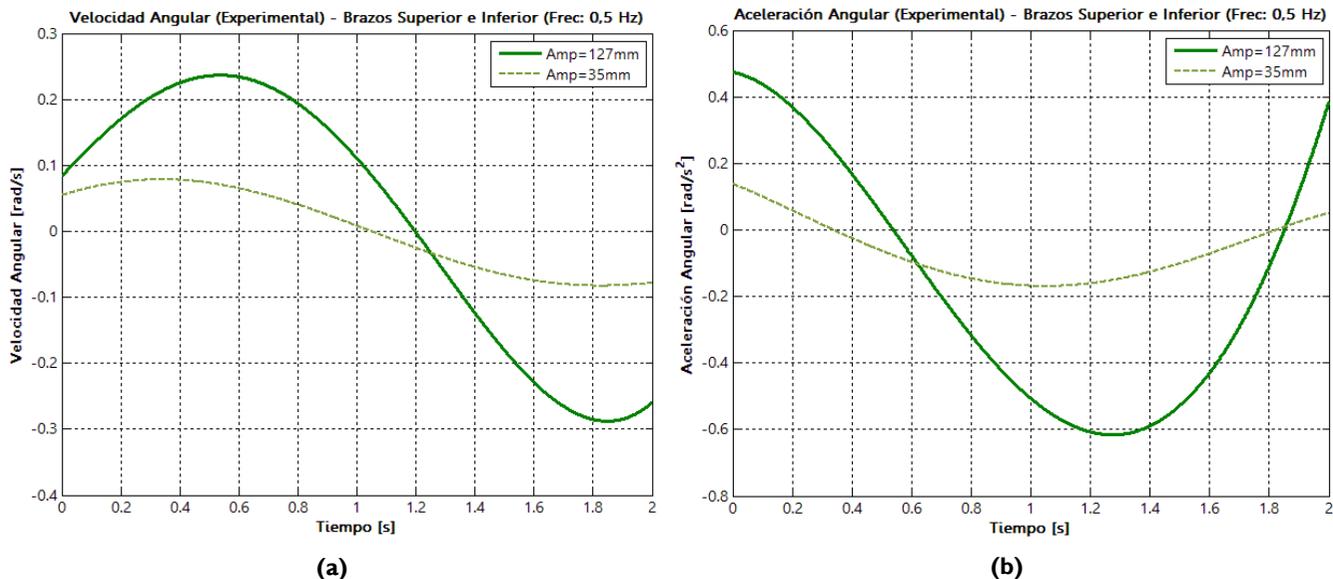


Figura 23. Velocidad y aceleración angulares (datos experimentales) que perciben: (a) brazos superior e inferior y (b) mangueta, para una frecuencia de oscilación de 0,5 Hz

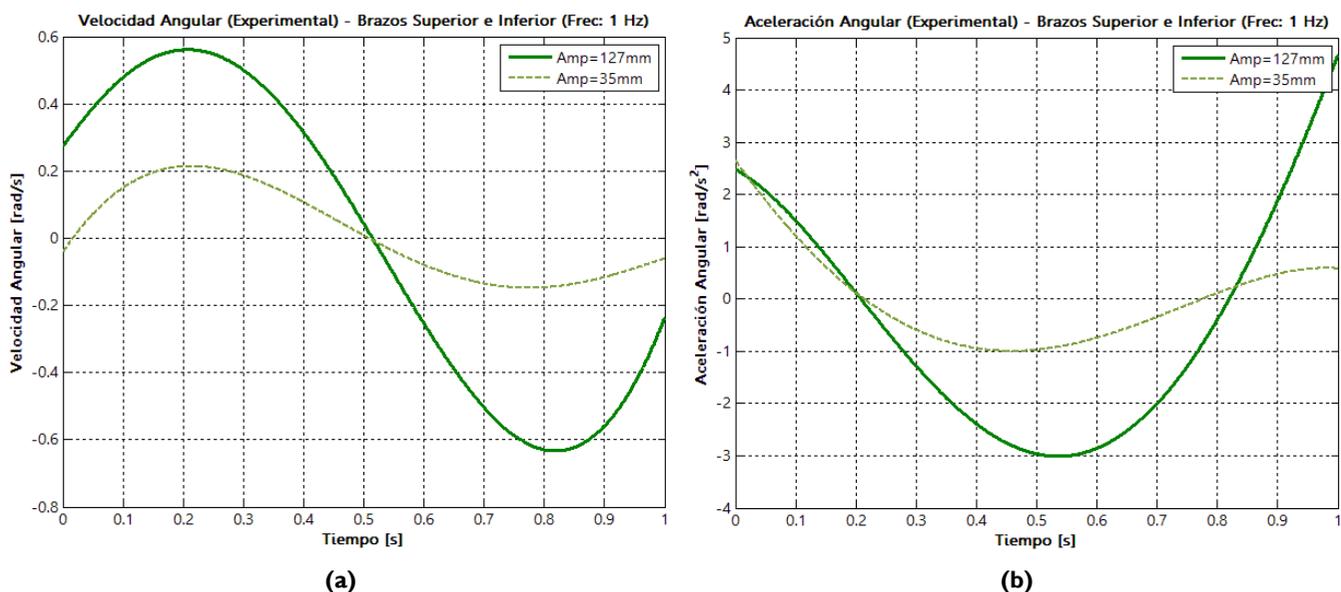


Figura 24. Velocidad y aceleración angulares (datos experimentales) que perciben: (a) brazos superior e inferior y (b) mangueta, para una frecuencia de oscilación de 1 Hz

frecuencia de oscilación de 0,5 Hz. Este conjunto se encuentra precargado para que el modelo experimental emule la situación real. Se resalta la importancia de que en el modelo experimental se tenga en cuenta el valor predefinido de la masa suspendida del vehículo.

Con los resultados de todas las réplicas realizadas para cada tratamiento experimental, se hizo la construcción de los gráficos de distribución de datos, con el propósito de analizar tanto la dispersión como la tendencia de los

valores de acuerdo con los niveles de los factores amplitud y frecuencia de la oscilación (Mendoza & Bautista, n.d.; Montgomery, 2013). Los resultados para la velocidad angular máxima del brazo inferior se muestran en la figura 26 para: (a) amplitud de la oscilación y (b) frecuencia de la oscilación, respectivamente. Mientras que en la figura 27 se muestra la distribución de los datos experimentales para la aceleración angular máxima del brazo inferior para: (a) amplitud de la oscilación y (b) frecuencia de la oscilación, respectivamente.

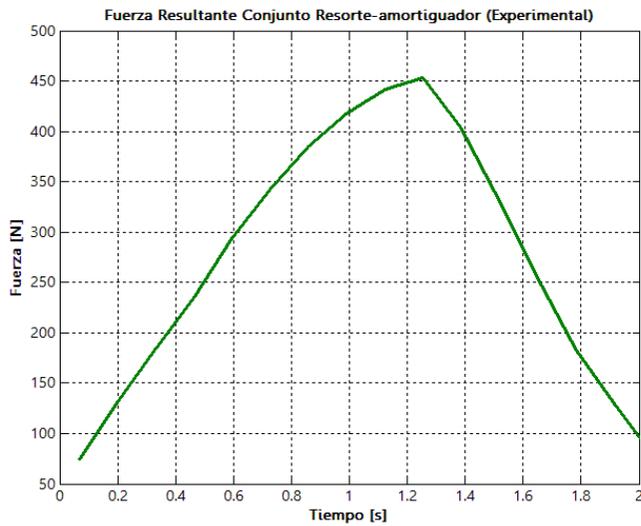


Figura 25. Fuerza resultante en el conjunto resorte-amortiguador (datos experimentales)

De manera similar resulta fundamental analizar el comportamiento de las fuerzas que actúan sobre los componentes principales de la suspensión de un vehículo ligero desplazándose por un terreno ondulado a baja o moderada velocidad. En la figura 28 se muestra el comportamiento

de la fuerza pico aplicada sobre la suspensión en función de la amplitud y de la frecuencia de la oscilación, de acuerdo con el espacio experimental definido.

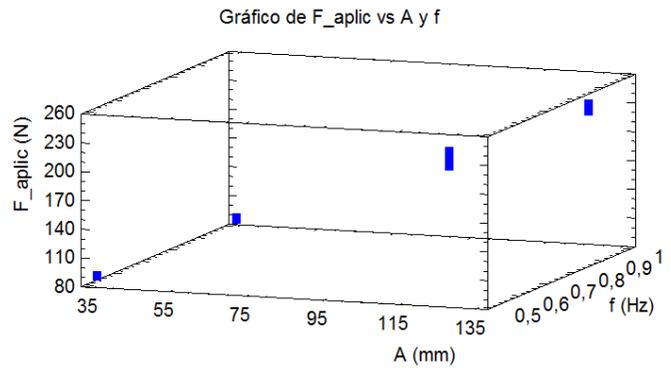


Figura 28. Fuerza pico aplicada a la suspensión en función de la amplitud y la frecuencia de oscilación

Por último, en la figura 29 aparecen los comportamientos de las fuerzas máximas ejercidas por el resorte (a) y el amortiguador (b), respectivamente, en función de la amplitud y la frecuencia de la oscilación, de acuerdo con el arreglo experimental definido.

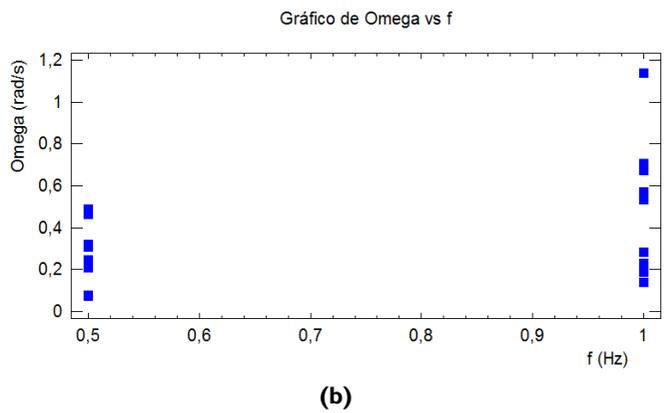
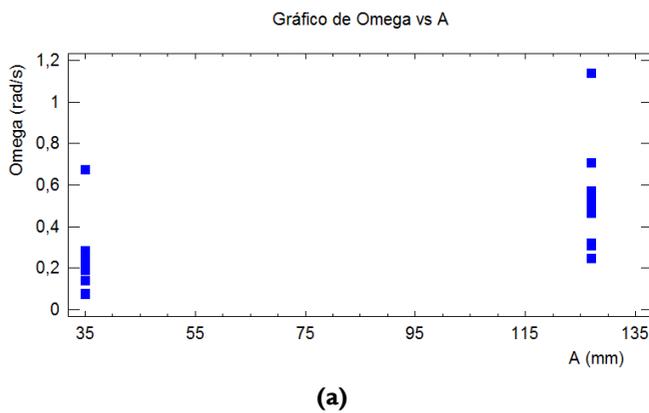


Figura 26. Velocidad angular máxima del brazo inferior en función de (a) amplitud de oscilación y (b) frecuencia de la oscilación

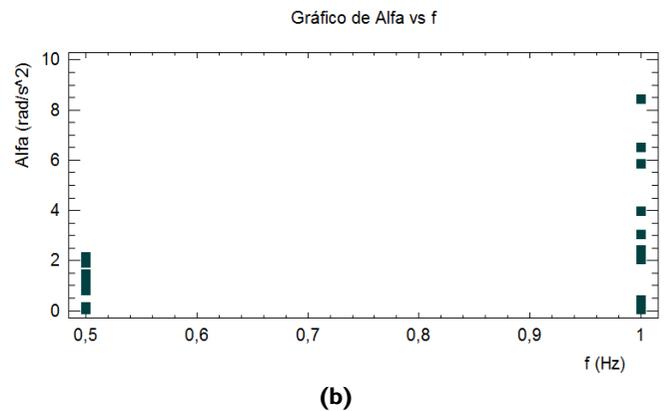
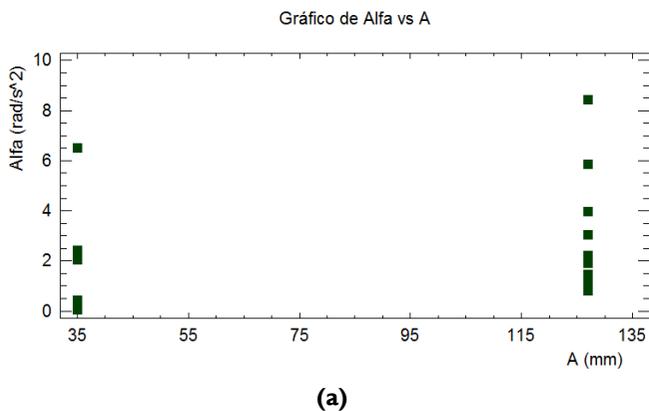


Figura 27. Aceleración angular máxima del brazo inferior en función de (a) amplitud de oscilación y (b) frecuencia de la oscilación

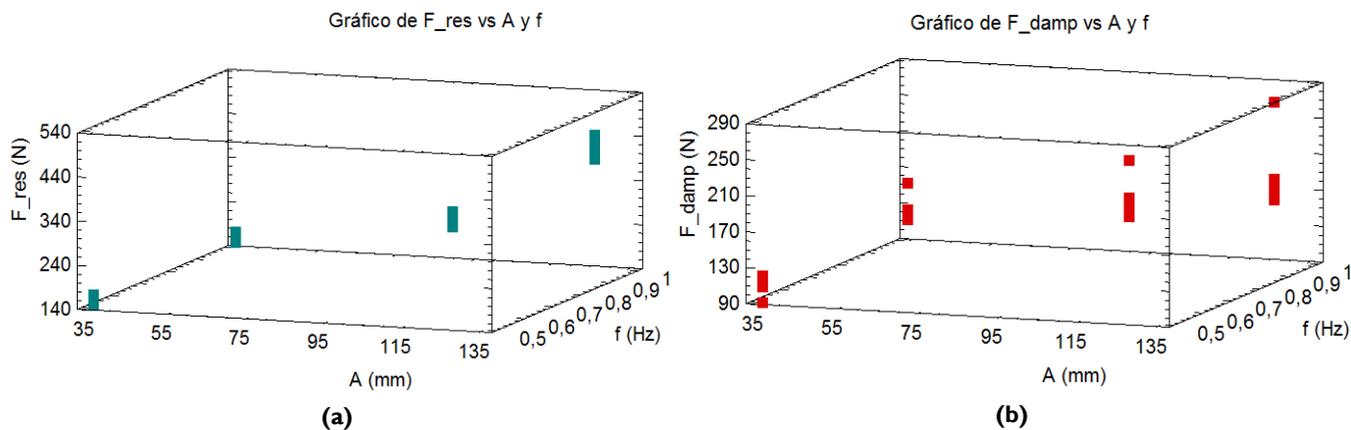


Figura 29. (a) Fuerza ejercida por el resorte y (b) fuerza ejercida por el amortiguador, en función de la amplitud y la frecuencia de oscilación

Discusión

El comportamiento de la posición, velocidad y aceleración angulares del brazo inferior descritas por el modelo teórico es similar al encontrado con las señales cinemáticas de entrada (posición angular y sus dos primeras derivadas) del modelo físico. Esto se corrobora con los porcentajes de variación límite, los cuales para la velocidad angular no exceden en ningún caso el 16% y para la aceleración angular no superan el 27%.

El movimiento del centro de gravedad del conjunto resorte-amortiguador es muy leve, ya que la amplitud de oscilación en términos generales no es muy alta. Se demuestra que la variación del momento principal de inercia del conjunto resorte-amortiguador es muy pequeña, provocando un efecto despreciable en el comportamiento dinámico de la suspensión. También se observa que la aceleración de menor magnitud para la suspensión se encuentra en el conjunto resorte-amortiguador; esto se debe a que es muy leve el movimiento rotacional de este componente.

El comportamiento de las fuerzas sobre cada uno de los pares cinemáticos del sistema de suspensión evidencia que sobre el brazo inferior se encuentran las mayores cargas, debido a que este componente es quien transmite las cargas al conjunto resorte-amortiguador y en gran parte hacia el chasis.

Respecto al conjunto resorte-amortiguador, se observa que el resorte posee un comportamiento lineal con la deformación, dado que en el rango de operación ninguna espira alcanza a cerrarse. Por su parte, el amortiguador experimenta comportamientos distintos en los movimientos de compresión y extensión. El comportamiento de la fuerza en el conjunto resorte-amortiguador es típico; se comprueba que el resorte ejerce comparativamente

mayor fuerza, para las condiciones de amplitud y frecuencia estudiadas. El conjunto cumple con su función de atenuar la oscilación, además de disipar gran parte de la energía, que de otro modo sería transferida al chasis. Sin embargo, el comportamiento de la curva para la fuerza resultante teórica difiere un poco de la descrita por el modelo físico, aunque las formas son muy parecidas y los instantes en que se alcanzan los niveles extremos también prácticamente coinciden. En la figura 30 se muestran los valores de la fuerza resultante, niveles máximos y mínimos, alcanzados por los modelos teóricos y físicos, respectivamente. El porcentaje de variación entre ambos modelos es aceptable para valores altos de la fuerza sobre el conjunto resorte-amortiguador, pero en el rango bajo de esta fuerza el porcentaje de variación supera el 50%. Lo anterior es producto a la combinación de dos situaciones que acentúan el porcentaje de variación para valores bajos de la fuerza resultante. En primer lugar, la ligera diferencia entre la cinemática ideal (teórica) y la real que se genera en el banco de ensayos, provoca desviaciones entre los resultados para la deformación del resorte y la velocidad sobre el amortiguador; en segundo lugar, las pérdidas mecánicas (por ejemplo, los rozamientos en los pares cinemáticos) tienen mayor peso relativo para los valores de fuerzas que se miden.

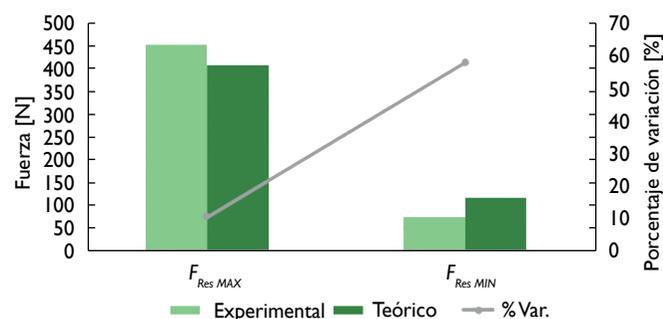


Figura 30. Comparación de la fuerza resultante sobre el conjunto resorte-amortiguador entre el modelo teórico y el experimental para valores máximos y mínimos

Las curvas de velocidad y aceleración angulares tienen el mismo comportamiento, sin importar los niveles de amplitud y frecuencia de la oscilación, las diferencias se observan en las magnitudes pico que se alcanzan. Al cambiar la amplitud de la oscilación del nivel inferior al superior y manteniendo la frecuencia constante, se aprecia un incremento en la velocidad angular de las barras de alrededor de 250%. Sin embargo, un cambio significativo se observa cuando se incrementa la frecuencia de oscilación del nivel inferior al superior en un factor de dos para una amplitud constante, ya que la velocidad angular de las barras incrementa su magnitud de forma proporcional a este factor experimental. Para la aceleración ocurre algo similar al cambiar el factor experimental de amplitud de la oscilación. Sin embargo, debe resaltarse que, al cambiar la frecuencia en un factor de dos, las aceleraciones como las velocidades ya no tienden a incrementarse sobre este mismo factor, sino en cuatro veces, pasando así de una aceleración angular de $0,15 \text{ rad/s}^2$ para una frecuencia de 0,5 Hz, a $0,6 \text{ rad/s}^2$ para una frecuencia de 1,0 Hz.

Si bien se encontraron factores de proporción entre las velocidades y aceleraciones con relación a la frecuencia y la amplitud de la oscilación, las fuerzas sobre los pares cinemáticos no tienen de una forma clara un mismo factor; aunque sí se evidencia que el factor experimental de mayor influencia sobre la magnitud de las fuerzas en los pares cinemáticos es la frecuencia de oscilación; este factor logra el incremento sustancial de cada fuerza en cada par sobre una misma amplitud de oscilación, en este caso para los valores de fuerza dados en el desarrollo experimental de esta investigación.

La fuerza elástica del resorte no se encuentra afectada por la frecuencia de oscilación, ya que la fuerza ejercida por este componente solo depende del desplazamiento que ocurra linealmente sobre su propio eje de simetría. En cambio, la fuerza de amortiguación sí es dependiente de la velocidad del émbolo, por lo que se aprecia que, a mayor frecuencia de oscilación, se incrementa esta fuerza. Por ello, cuando la frecuencia pasa del nivel inferior al superior la fuerza de amortiguación se incrementa en 100%.

Los resultados obtenidos por medio del modelo teórico desarrollado muestran un comportamiento similar cuando se comparan con las curvas obtenidas experimentalmente, así como la tendencia de los resultados obtenidos con el diseño experimental. La variación entre las curvas teóricas y las experimentales se debe a la función de entrada en el

banco de pruebas que es aproximadamente senoidal, a la generación de pequeñas perturbaciones en el mecanismo generador del movimiento en el banco de ensayo y a errores propios del sistema de adquisición de datos.

Se evidencia que el factor que más afecta al comportamiento de la suspensión de un vehículo es la frecuencia de oscilación, representada en condiciones reales como la combinación entre la velocidad lineal del vehículo y el periodo de la ondulación de la vía. A mayor velocidad, para una misma amplitud, las magnitudes de las velocidades, aceleraciones y fuerzas en los pares cinemáticos del mecanismo se incrementan. El factor de amplitud de la oscilación depende más de las condiciones del terreno y la aplicación específica del vehículo.

Los parámetros del centro instantáneo de rotación y del centro de balanceo son fundamentales para el estudio y el diseño de una suspensión. En las curvas obtenidas se observa un comportamiento adecuado de estos parámetros. Un factor geométrico que aporta a lo anterior, es el hecho de contar con brazos iguales y paralelos, por lo que la intersección de la prolongación de estos no ocurre en teoría. Además, el centro de balanceo se ubica por debajo del plano de referencia que es el terreno, teniendo su máxima variación sobre el punto máximo de compresión de la suspensión (*bump*).

En los gráficos de distribución de datos, se observa que la dispersión de los valores de fuerza en cada elemento del conjunto resorte-amortiguador, así como en los valores de la fuerza aplicada no es muy alta. Sin embargo, la dispersión para los valores de velocidad y aceleración angular pico de los brazos de la suspensión sí resulta algo alta. Una de las causas de esta dispersión observada podría deberse a que el sistema de medición de la posición angular de cada brazo de suspensión tiene una frecuencia de muestreo máxima de 15 datos por segundos, lo cual puede resultar algo baja. Se recomienda como trabajo futuro el mejoramiento del sistema de medición en cuanto al incremento de la frecuencia de muestreo.

El modelo teórico no posee limitaciones para los niveles de los parámetros físicos involucrados o de escalado dimensional, aunque los resultados requerirían de validación experimental. Por lo que el modelo puede alimentarse con información de entrada de otros tipos de configuración para suspensión de doble horquilla y condiciones de operación, obteniendo así los resultados correspondientes.

Conclusiones

El presente trabajo de investigación estuvo enfocado al análisis cinemático y cinético de una suspensión de vehículo independiente de doble horquilla. Con base en los objetivos propuestos se pueden enunciar las siguientes conclusiones:

El programa realizado con el software Matlab queda comprobado con la revisión de varios casos típicos y los resultados obtenidos en el banco experimental. Este programa muestra ser versátil y flexible, y permite realizar el procedimiento de análisis en dos dimensiones de este tipo de suspensiones, teniendo como entradas la geometría y un conjunto de propiedades mecánicas de sus componentes.

El diseño experimental implementado fue de gran importancia para la validación de los resultados obtenidos con el modelo matemático; se evidencia la tendencia de los datos frente a distintos niveles de amplitud y frecuencia de oscilación, obteniendo curvas características para cada uno de los componentes del sistema de suspensión.

Como primer modelo teórico propuesto los resultados son favorables, teniendo en cuenta su gran flexibilidad en cuanto a cantidad de parámetros de la suspensión que pueden definirse, donde se pueden modificar las masas, inercias, longitudes y posiciones iniciales de cada componente del sistema de suspensión, así como las constantes de rigidez y amortiguamiento del conjunto resorte-amortiguador. Por otro lado, las variables de entrada pueden modificarse a gusto del usuario, teniendo en cuenta que los parámetros fundamentales de amplitud y frecuencia de la oscilación emulan las condiciones reales sobre el terreno en el que el vehículo se desplaza, esencialmente el perfil geométrico del terreno y la velocidad del vehículo.

La metodología propuesta para los análisis de la suspensión a la luz del modelo teórico permite la modificación rápida de los parámetros de entrada, logrando así un primer acercamiento de forma sencilla a sistemas de suspensión existentes y modificaciones planteadas previamente que se deseen realizar, sin tener que recurrir en primera instancia a la experimentación.

Se deberá desarrollar un modelo de vibraciones para el sistema mecánico existente, que considere las frecuencias naturales y formas modales del sistema. Con el cual se puedan estudiar las respuestas de cada elemento a las

condiciones de entrada dadas por el usuario y comprobar el desempeño de la suspensión ante este fenómeno. A futuro, podrían implementarse en la instalación experimental un conjunto de acelerómetros, con el fin de estudiar la influencia de los factores experimentales en el comportamiento vibracional de los componentes que constituyen la suspensión del vehículo.

Referencias

- Blundell, M., & Harty, D. (2014). *The multibody systems approach to vehicle dynamics*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Buitrago, É. (2011). *Diseño del sistema de suspensión de un vehículo monoplaza tipo fórmula Sena*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas.
- Datte, P., & Ross, J. S. (2016). *About the preliminary design of the suspension spring and shock absorber*. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/147/1/012128>
- Dixon, J. C. (2009). *Suspension geometry and computation*. West Sussex: John Wiley and Sons Ltd.
- Giovanny-Pablo, P. Q. (2012). *Estudio cinemático del comportamiento de la suspensión de un prototipo de fórmula SAE Student Eléctrico del equipo UPM Racing*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Güler, D. (2006). *Dynamic analysis of double wishbone suspension*. School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology.
- ISO 8855. Road vehicles – Vehicle dynamics and road-holding ability – Vocabulary, ISO § (2011). <http://dx.doi.org/10.1109/ieeestd.2010.5733835>
- Luna-Pasquel, B. A., & Vallejo-Tito, J. A. (2017). *Diseño, construcción e implementación de un banco de pruebas para el análisis de amortiguadores y muelles del sistema de suspensión de un vehículo*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Mantilla-Nova, D. (2014). *Diseño óptimo de resortes tipo ballesta para la suspensión de un vehículo comercial considerando las condiciones dinámicas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49812/>.
- Mendoza, H., & Bautista, G. (n.d.). *Diseño experimental*. Recuperado el 1° de abril de 2018, de <http://168.176.60.111/cursos/ciencias/2000352/index.html>.
- Montgomery, D. (2013). *Diseño y análisis de experimentos*. México: LIMUSA, S.A.

- Morello, L., Genta, G., Cavallino, F., & Filtri, L. (2014). The motor car: Past, present and future. *British Medical Journal* (vol. 2). Torino: Springer Science & Business Media. <http://dx.doi.org/10.1109/ieeestd.2010.5733835>
- Norton, R. L. (2013). *Diseño de maquinaria*. Massachusetts: McGraw-Hill Educación.
- Rojas, G., & Arzola, N. (2013). Análisis del comportamiento dinámico de un vehículo con suspensión independiente tipo paralelogramo deformable y barras de estabilidad transversal. *Revista Facultad de Ingeniería*, (67), 112-125.
- Sanz-Celada, F. (2015). *Análisis del sistema de dirección de un automóvil mediante Multibody de Simulink*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10016/25331%0ADescargado>.
- Schommer, A., Soliman, P., Farias, L. T., & Martins, M. (2015). *Analysis of a formula SAE vehicle suspension: Chassis*. <http://dx.doi.org/10.4271/2015-36-0275>
- Tanik, E., & Parlaktaş, V. (2015). On the analysis of double wishbone suspension. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 9(3), 1-10. <http://dx.doi.org/10.1299/jamdsm.2015jamdsm0037>
- Thacker, S. (2015). *Research paper on design and analysis double wishbone suspension system using finite element analysis*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/aedf/7ceb000bc8e65eb814496f448802ac3c69d5.pdf>.
- Thakare, S.A., Antapurkar, P. C., Shah, D. S., Dhamangaonkar, P. R., & Sapali, S.N. (2015). *Design and analysis of modified front double wishbone suspension for a three wheel hybrid vehicle*. Recuperado de <https://www.longdom.org/proceedings/design-and-analysis-of-modified-front-double-wishbone-suspension-for-a-three-wheel-hybrid-vehicle-4667.html>.
- Vega, W. H., Llanes-Cedeño, E. A., & Molina, J.V. (2018). *Review of the modeling and optimization characteristics for the design of the Macpherson suspension system*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/328769993_Review_of_the_Modeling_and_Optimization_Characteristics_for_the_Design_of_the_Macpherson_Suspension_System.
- Yu, M., Evangelou, S. A., & Dini, D. (2017). Model identification and control for a quarter car test rig of series active variable geometry suspension. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 3376-3381. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.529>

Artículo de investigación

Análisis descriptivo de las concepciones sobre historia de las ciencias en profesores en formación inicial

Descriptive analysis of conceptions of the history of science in teachers in initial training

Análise descritiva das concepções sobre a história da ciência em professores em formação inicial

Henry Giovany Cabrera Castillo^{a,*} | Stefania Durán Piamba^b | Mario Quintanilla Gatica^c

^a <http://orcid.org/0000-0003-4476-4427> Universidad del Valle, Cali, Colombia

^b Universidad del Valle, Cali, Colombia

^c Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

- **Fecha de recepción:** 2017-09-19
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-09-03
- **Fecha de aprobación:** 2019-09-29
<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.482>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Cabrera Castillo, H. G., Durán Piamba, S., & Quintanilla Gatica, M. (2019). Análisis descriptivo de las concepciones sobre historia de las ciencias en profesores en formación inicial. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 34-45. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.482>

RESUMEN

Este artículo tuvo como objetivo identificar las concepciones sobre historia de la ciencia que tienen los profesores en formación inicial. Se utilizó una metodología cualitativo-descriptiva. Los datos fueron obtenidos a partir de un cuestionario inicial, estructurado por preguntas abiertas y la construcción de un documento escrito final aplicado a veinticinco participantes de un programa de licenciatura en la Universidad del Valle. Los resultados de la propuesta se obtuvieron a partir de un análisis descrito de tres categorías (visión de la historia de las ciencias, función de la historia de las ciencias en la enseñanza y producción de la ciencia) que permitió determinar que las concepciones sobre historia de las ciencias que los profesores en formación inicial han elaborado corresponden a las visiones anacrónica y diacrónica, funciones como actividad social, recurso y disciplinar, y producción de conocimiento. Como conclusión, podemos establecer que es necesario implementar propuestas didácticas direccionadas hacia el uso de la historia de las ciencias con el propósito de favorecer en ellos el reconocimiento, la reflexión y el uso de componentes históricos en sus prácticas educativas.

Palabras clave: concepciones de la ciencia, didáctica de las ciencias, formación inicial de profesores, historia de las ciencias



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

SUMMARY

The purpose of this article was to identify the conceptions of the history of science held by teachers in initial training. A qualitative-descriptive methodology was used. The data were obtained from an initial questionnaire, structured by open-ended questions and the construction of a final written document applied to twenty-five participants on a degree program at Universidad del Valle. The results of the proposal were obtained from a descriptive analysis of three categories (vision of the history of the sciences, function of the history of the sciences in teaching and production of science) which made it possible to determine that the conceptions of the history of the sciences that teachers in initial training have elaborated correspond to anachronistic and diachronic visions, functions such as social activity, resource and disciplinary, and production of knowledge. As a conclusion, we can establish that it is necessary to implement didactic proposals directed toward the use of the history of science so as to promote in teachers the recognition, reflection, and use of historical components in their educational practices.

Keywords: Conceptions of science, didactics of science, initial teacher-training, history of science

SUMÁRIO

Este artigo teve como objetivo identificar as concepções sobre a história da ciência que os professores têm durante a formação inicial. Foi utilizada uma metodologia qualitativa-descritiva. Os dados foram obtidos a partir de um questionário inicial estruturado em perguntas abertas e a construção de um documento final escrito aplicado a vinte e cinco participantes de um programa de graduação na Universidad del Valle. Os resultados da proposta foram obtidos a partir de uma análise descrita de três categorias (visão da história da ciência, função da história da ciência no ensino e produção da ciência) que permitiu determinar que as concepções sobre a história das ciências que os professores em formação inicial elaboraram correspondem às visões anacrônicas e diacrônicas, funções como atividade social, recurso e disciplina e produção de conhecimento. Em conclusão, podemos estabelecer que é necessário implementar propostas didáticas voltadas para o uso da história da ciência, a fim de favorecer o reconhecimento, a reflexão e o uso de componentes históricos em suas práticas educativas.

Palavras-chave: Concepções da ciência, ensino de ciências, formação inicial de professores, história da ciência

La historia y filosofía de las ciencias en la formación de profesores de ciencias naturales ha sido utilizada para identificar preguntas, instrumentos, experimentos y explicaciones de los científicos sobre los fenómenos para recontextualizarlos en las prácticas educativas actuales. Estas metadisciplinas han permitido evidenciar la complejidad de la actividad humana, inspirar nuevas estrategias para la presentación de problemas complejos, diseñar e implementar herramientas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y reconstruir textos históricos para incorporarlos en las prácticas de la clase de ciencias (Cabrera, 2016; Izquierdo, García-Martínez, Quintanilla, & Adúriz-Bravo, 2016).

Los hallazgos obtenidos de las investigaciones anteriores cobran importancia en el diseño de propuestas didácticas.

Dichas propuestas tendrán como objetivos determinar la importancia del uso de textos científico-históricos escritos por los científicos en una época determinada, elaborar estudios de caso histórico-científico desde una mirada educativa e identificar las concepciones sobre historia de las ciencias que tienen los profesores de ciencias naturales en formación inicial (Cabrera, 2012). En este orden de ideas, el siguiente estudio se enfocó principalmente en el análisis descriptivo del último objetivo mencionado, por lo que se consideró necesario reconocer las concepciones sobre historia de las ciencias con las que inician y finalizan los futuros profesores de ciencias.

Dichas concepciones permitirán identificar dificultades en la conceptualización e interpretación del desarrollo de la ciencia, en la apropiación de conocimiento e igualmente

en las diferentes visiones que tienen sobre las ciencias (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz, & Praia, 2002). Con el estudio de estas concepciones, se puede determinar qué funciones le atribuyen los profesores en formación inicial, es decir, si la historia de las ciencias es utilizada para el diseño de materiales, para complementar la formación de los profesores, en la formulación de preguntas, en la actividad experimental o en la selección de contenidos (Cuéllar, Quintanilla, & Camacho, 2008; Heering, & Wittje, 2012; Zuluaga, 2012).

Otro aspecto que se puede extraer es lo correspondiente a la manera como se interpreta la producción de conocimiento científico en los contextos actuales, por ejemplo, en la aplicación que se le da al conocimiento científico en procesos industriales, farmacéuticos, ambientales y de salud, y su vínculo con el desarrollo vertiginoso y exponencial de la tecnología. De acuerdo con la anterior, el objetivo de este trabajo consiste en identificar las concepciones sobre historia de las ciencias que posee un grupo de profesores de ciencias naturales en formación inicial, antes y después de la aplicación de una propuesta didáctica.

■ Marco teórico

Los aportes de la historia de las ciencias a la educación en ciencias están asociados a su incorporación en el diseño de unidades didácticas y en la formulación de situaciones problemáticas para la educación básica y media. Por ejemplo, Quintanilla y Merino (2008) avanzaron hacia la elaboración de materiales a partir de los aportes de la historia, y Muñoz, Valencia y Cabrera (2017) diseñaron situaciones científicas escolares problematizadoras, a partir del análisis de un experimento histórico elaborado por Robert Boyle (1627-1691).

Otra tendencia corresponde a la incorporación de la historia de las ciencias en la formación de profesorado en ejercicio. En este caso, tenemos a Álvarez (2006), quien propuso estrategias que permitían incorporar a su desarrollo profesional. Es importante visualizar esta tendencia en la formación inicial de profesores de ciencias. Para este fin, se identificaron estudios orientados hacia el desarrollo de una propuesta que permitió el cambio de concepciones en profesores de educación parvularia en la enseñanza de la ciencia a través de la historia de las ciencias (Camacho, Cuéllar, Quintanilla, & Orellana, 2006). En consonancia con lo expresado en la última tendencia, este artículo considera fundamental continuar explorando

y conceptualizando las concepciones y la importancia de la historia de las ciencias que tienen los profesores en formación inicial.

■ Importancia de la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias

La historia de las ciencias permite identificar y caracterizar los modelos teóricos y las metodologías de las disciplinas científicas, relacionar el conocimiento científico con los problemas y finalidades, la cultura y los valores del contexto (Matthews, 1994). Cuando esta metadisciplina se lleva a la educación en ciencias, permite que tanto profesores como estudiantes expresen y estructuren sus ideas acerca de la ciencia, comprendan que los modelos científicos son modificables y que, por tanto, el conocimiento científico actual es susceptible de ser evaluado y transformado.

En lo que corresponde a la formación inicial de profesores, la importancia que tiene el uso de la historia de las ciencias radica en comprender que es una oportunidad para reflexionar sobre el pensamiento científico y promover la reflexión sobre fenómenos químicos, físicos, biológicos y ambientales en el aula. Igualmente, permite lograr el cambio de visiones deformadas que se hayan construido en su proceso formativo y contribuir en el cambio de las concepciones de los futuros profesores sobre la ciencia (Quintanilla, Izquierdo, & Adúriz-Bravo, 2005; Solsona, 1997).

■ Concepciones sobre historia de la ciencia de los profesores en formación inicial

Los profesores en formación inicial han logrado construir diversas concepciones del mundo y de las ciencias, que han sido adquiridas con sus experiencias en la construcción de conocimiento en la escuela y luego en la formación profesional. Algunos estudios se han orientado hacia las concepciones que tienen estos profesores sobre el uso de modelos en la formación docente, la resolución de problemas científicos escolares y las imágenes o representaciones que ellos han construido sobre la historia de las ciencias (Cabrera, 2015; Justí, 2006).

En función del último aspecto mencionado, Quintanilla, Astroza, De la Fuente, Camacho y Cuéllar (2006) exploraron las concepciones que tienen los futuros profesores sobre las metaciencias, dado que estas configuran un marco

conceptual importante disciplinar, ya que promueven diferentes imágenes sobre conocimiento científico y su enseñanza. Este trabajo aporta elementos teóricos que justifican la importancia de incorporar los componentes filosóficos e históricos en los diferentes programas de ciencias.

Asimismo, Camacho et al. (2006), con el propósito de identificar y caracterizar las concepciones de algunas profesoras de educación parvularia, desarrollaron una propuesta que incorporó el uso de la historia de las ciencias como componente metacientífico, con el uso de un episodio histórico sobre la discontinuidad de la materia, ya que suscita reflexiones sobre la actividad científica y permite contribuir en la construcción de una imagen de la ciencia.

Para finalizar, los trabajos anteriores permiten destacar dos aspectos fundamentales. El primero corresponde a la persistencia de concepciones dogmáticas, utilitaristas e instrumentalistas de las ciencias, lo que conlleva producir un desinterés de los futuros profesores de ciencia, ya que la relacionan con acontecimientos lineales y desconectados de la práctica. En otras palabras, se ha perpetuado la concepción heredada de la ciencia en la que se cataloga a los científicos como los creadores de teorías y poseedores de la verdad absoluta.

En segundo lugar, es fundamental continuar con estudios que permitan identificar y caracterizar las concepciones que tienen los profesores en formación inicial sobre historia de las ciencias, ya que estos pueden servir como orientación para el diseño y la integración de esta metaciencia en la formación del profesorado. Por ejemplo, Quintanilla et al. (2005) lo destacan como uno de los aspectos iniciales para incorporar la historia de las ciencias en la formación docente inicial, y vincular la solución de problemas “actuales” de las teorías científicas, que conlleven el diseño y la implementación de propuestas didácticas.

■ Método: planteamientos procedimentales del estudio

Dentro del curso Historia y Enseñanza de las Ciencias se estableció como finalidad estudiar la historia de las ciencias como marco conceptual para la investigación y la reflexión, así como para orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje y evaluación de las ciencias en la formación educativa científica. En este sentido, adquirió importancia el propósito de identificar las concepciones que poseía un

grupo de futuros profesores de ciencias, antes y después de la aplicación de una propuesta didáctica.

El enfoque metodológico del estudio fue el cualitativo, de tipo descriptivo e interpretativo (Flick, 2004; Hernández, Fernández, & Baptista, 2008; Latorre, del Rinón, & Arnal, 1996), ya que se enfoca en las ideas elaboradas por los participantes antes y después de interactuar con nuevas experiencias académicas desarrolladas a lo largo de un periodo determinado. Los participantes fueron veinticinco estudiantes de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). Ellos firmaron un consentimiento por escrito y aceptaron el alcance de la investigación.

En concordancia con el enfoque cualitativo seleccionado y basados en los planteamientos sugeridos por Quintanilla et al. (2006), en el inicio del curso se aplicó un cuestionario con tres preguntas abiertas en el que los participantes debían: (a) elaborar un texto en el que determinarían la función que debe desempeñar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias; (b) establecer una relación entre historia de las ciencias, filosofía de las ciencias y enseñanza de las ciencias; y (c) describir cómo la ciencia se ha logrado consolidar a lo largo del tiempo.

Al culminar el curso, se les solicitó a los participantes que entregaran un documento escrito que diera respuesta al propósito del programa y que tuviera como eje un caso de estudio histórico de biología, química o física. La elaboración de dicho documento estuvo basada en los elementos de Cabrera (2016) y Holton (1995) (tabla 1). A efectos del estudio que se está presentando, la interpretación se centró solo en la introducción, la importancia histórica y actual del caso, el análisis del texto científico-histórico y los aportes a la enseñanza.

Para el procesamiento analítico de la información, se consideraron los planteamientos de Hernández et al. (2008) y Flick (2004), y las tres fases propuestas por Bardin (2002): preanálisis correspondiente a la lectura previa, selección y transcripción con un procesador de texto (Word) de los cuestionarios completamente resueltos por los participantes. Estos cuestionarios constituyeron el corpus de documentos que fueron sometidos a la descripción e interpretación.

La explotación del material se dio con la desfragmentación en unidades de análisis (UA) (oraciones completas)

Tabla 1. Elementos para la elaboración del trabajo final del curso Historia y Enseñanza de las Ciencias

Elementos	Descripción
Introducción	Debe cumplir tres funciones, interesar al lector, presentar un tema y bosquejar un plan.
Importancia histórica y actual del concepto seleccionado	Presentación de los aspectos fundamentales tanto del contexto histórico, como de actualidad en la cual se desarrolla el concepto.
Biografía del Científico o Científica seleccionada	Descripción de los principales aspectos relacionados con su contexto, político, económico, social y familiar de uno de los científicos que realizó aportes para la construcción del concepto.
Descripción bibliográfica del <i>TCH</i>	Descripción de la estructura (título, editorial, año, revista, volumen, número y páginas) del <i>TCH</i> .
Análisis del <i>TCH</i>	Se tuvo en cuenta el análisis histórico-crítico como un proceso de “diálogo” entre el estudiante y el científico o científica que describió el <i>TCH</i> .
Aportes a la enseñanza en base al análisis	Teniendo en cuenta el proceso de análisis y sus hallazgos se diseñaron actividades orientadas hacia la enseñanza de concepto
Referencias bibliográficas	Inclusión de los diferentes investigadores que elaboraron la literatura revisada.

relevantes y significativas, que se asociaban a los códigos, subcategorías y categorías predeterminadas, conceptualizadas y adaptadas a partir de la revisión de la investigación de Quintanilla et al. (2006) y tratando de expresar los datos en forma de conceptos o ideas que estén en concordancia con el propósito de la investigación (Gibbs, 2012) (tabla 2). Este proceso se complementó con el uso del *software* Atlas.ti versión 7.5.16 para determinar las unidades de análisis (UA) que estructuraron los hallazgos.

El tratamiento y la interpretación de los resultados obtenidos consistió en la inferencia realizada a partir de las UA significativas seleccionadas y organizadas por medio de redes que daban información relevante para el propósito del estudio.

La propuesta didáctica del curso se dividió en tres momentos: primero, para el diseño del curso, se programaron actividades para las quince sesiones que duraba el periodo académico. Se consideraron aspectos conceptuales sobre la filosofía de la ciencia, las perspectivas sobre historia de la ciencia y las relaciones entre ellas, y se estudiaron casos históricos desde una mirada educativa y didáctica (Boido, & Lombardi, 2012a; Echeverría, 1998; Hernández, 2011; Kragh, 1990; Valencia, Muñoz, & Cabrera, 2014).

Para el segundo momento, se desarrollaron sesiones con la finalidad de considerar las expectativas de los estudiantes en relación con el contenido, la metodología y los criterios de evaluación de este. Sumado a ello, se aplicó el cuestionario diseñado con el propósito de identificar las concepciones que los profesores en formación inicial tenían sobre historia de la ciencia.

En otras sesiones, se desarrollaron las siguientes fases: lectura previa de investigaciones y desarrollos teóricos reportados en capítulos de libros y artículos de revistas; socialización de ideas fundamentales de las lecturas asignadas para la sesión con diferentes modalidades de trabajo grupal (seminario, debate, torbellino de ideas); y conclusión con la que el profesor cerraba y sintetizaba la sesión. Participación de tres invitados quienes desarrollaron conferencias orientadas hacia la presentación de algunos estudios de caso histórico desde una mirada educativa y didáctica (la experimentación en Newton, el experimento V de Boyle y Homeostasis).

Igualmente, los estudiantes desarrollaron dos talleres. El primero estuvo orientado hacia la búsqueda y selección del caso histórico y la indagación del o los textos científico-históricos (e.g., artículos, cuadernos de notas de laboratorio, bitácoras, discursos, capítulos y libros, conferencias, entrevistas) escritos por algún científico en un periodo determinado. El segundo consistió en el análisis de libros de texto universitarios de ciencias naturales en los que se identificaron aspectos inherentes a la historia de la ciencia. Finalmente, para la evaluación del curso, los participantes entregaron un documento escrito en atención a las indicaciones y estructura que aparece en la tabla 1.

Resultados y discusión

A partir de la información obtenida con los cuestionarios iniciales y los trabajos finales entregados por los participantes del estudio, logramos identificar las UA relacionadas con la historia de la ciencia, lo que contribuye a

Tabla 2. Compilado de categorías, subcategorías y códigos estado final

Categoría	Subcategoría	Código
Visiones sobre historia de la ciencia: Se incluyen unidades de análisis correspondientes a las imágenes construidas sobre la historia de las ciencias por parte de los PCNFI a través de su formación.	Anacrónica: Se incluyen unidades de análisis de aquellas ideas de los PCNFI que interpretan el pasado de las ciencias desde una perspectiva y lenguaje actual y descontextualizado con la época que corresponde (Izquierdo et al., 2016).	Acumulativa: Se incluyen unidades de análisis correspondientes a frases que hacen referencia a la construcción de la ciencia como un proceso lineal y simplista en el cual únicamente importa la fecha en la cual se realizó un descubrimiento e ignora los problemas o hechos científicos que permitieron la construcción de las ciencias y confiere la construcción de las ciencias exclusivamente a los aportes de un científico cuyos resultados son suficientes para verificar o falsear hipótesis (Fernández et al., 2002).
	Diacrónica: Se incluyen unidades de análisis de aquellas ideas de los PCNFI que interpretan el pasado de las ciencias desde una perspectiva y lenguaje contextualizado en la época que corresponde (Izquierdo, 2014; Quintanilla, 2006a).	Valoración de Contexto: Se incluyen unidades de análisis de ideas que destacan la influencia de las expectativas sociales y culturales en la construcción de las ciencias y confiere la construcción de las ciencias y las acciones provienen de los aportes de varios científicos y científicas (Fernández et al., 2002; Quintanilla, 2006b).
Función de la HC en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: Se incluyen unidades de análisis que corresponde a la intención y utilidad de la historia de las ciencias al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias que le asignan los PCNFI.	Disciplinar: Se incluyen unidades de análisis de ideas que destacan aspectos relacionados con el contenido conceptual derivados de la historia de las ciencias.	Conceptuales: Se incluyen unidades de análisis que involucra definiciones, modelos, teorías y representaciones a nivel conceptual que los PCNFI extraen de la historia de las ciencias. Actividad experimental: se incluyen unidades de análisis en los que se destaca el uso de la experimentación, instrumentos de laboratorio, experimentos históricos, fenómenos científicos y procedimientos materiales
	Actividad social: Se incluyen unidades de análisis que hacen referencia a la aplicabilidad que tiene la historia de las ciencias en los procesos donde participan diversos colectivos.	Formación de profesores: Se incluyen unidades de análisis de elementos que pueden extraerse de la historia de las ciencias para integrar, mejorar y fortalecer la formación de los profesores de ciencias. Práctica educativa: Se incluyen unidades de análisis donde se destaca elementos de la enseñanza, aprendizaje y evaluación en los procesos de construcción de conocimiento científico escolar.
	Recurso: Se incluyen unidades de análisis de frases en las que los PCNFI determinan a partir de la historia de las ciencias el mejoramiento, perfección, adecuación, implementación de materiales didácticos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.	Uso de materiales: Se incluyen unidades de análisis de frases en las que se destacan TCH, museos y libros de texto en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Formulación de preguntas: Se incluyen unidades de análisis correspondientes a las diferentes preguntas que formulan los PCNFI en el diseño de actividades para la enseñanza de la temática analizada proveniente del análisis histórico.
	Desarrollo: Se incluyen unidades de análisis circunscritas al proceso mediante el cual las ciencias resuelven problemáticas e interactúa con las necesidades de la sociedad.	Aplicación: Se incluyen unidades de análisis correspondientes al uso y mejoramiento de instrumentos, artefactos, técnicas y modelos que se han producido en las ciencias.
	Producción de conocimiento científico: Se incluyen unidades de análisis correspondientes a la interpretación que tienen los PCNFI sobre la producción y desarrollo del conocimiento científico como una actividad humana.	

reconocimiento de las concepciones iniciales y finales sobre esa metadisciplina. En la tabla 3, se presentan las UA desde el punto de vista de la frecuencia y el porcentaje de participación en las diferentes categorías, subcategorías y códigos en fase inicial y fase final.

En cuanto a la categoría *Visión de la HC* y, específicamente, la subcategoría *Anacrónica*, identificamos que los profesores en formación inicial incluyeron en sus respuestas 31 UA asociadas al código (acumulativa), de las que el 67,7 % las utilizaron al inicio y el 32,3 % al finalizar el proceso acaecido durante el semestre. Algunas de las UA fueron

las siguientes: “La idea de explicar la naturaleza a través de la ciencia y verla como exacta y verdadera”, y “La historia de las ciencias y la historia en general en demasiadas ocasiones han sido un punto de partida y un poderoso instrumento para quienes se interesan en legitimar el presente”.

Los resultados del cuestionario coinciden con los planteamientos de Urzúa y Rodríguez-Pineda (2015), ya que la visión anacrónica o el perfil epistemológico positivista como ellos la denominan fue el dominante porque conciben la ciencia como empírica.

Tabla 3. Comparación de frecuencia y porcentajes por código

Categoría	Subcategoría	Código	Inicial		Final		Total citas participativas*
			Frecuencia	Porcentaje de participación %	Frecuencia	Porcentaje de participación %	
Visión de la HC	Anacrónica	Acumulativa	21	67,7	10	32,3	31
	Diacrónica	Valoración del Contexto	19	41,3	27	58,7	46
Función de la HC	Disciplinar	Conceptuales	14	53,8	12	46,2	26
		Actividad Experimental	1	7,1	13	92,9	14
	Actividad social	Práctica Educativa	4	13,8	25	86,2	29
		Formación de Profesores	17	58,6	12	41,4	29
	Recurso	Uso de Materiales	3	13,0	20	87,0	23
		Formulación de Preguntas	0	0,0	112	100,0	112
Aplicación de la HC	Desarrollo	Aplicación	8	50,0	8	50,0	16

*Total de citas por código.

En la subcategoría *Diacrónica*, los profesores en inicial emitieron 46 UA relacionadas con el código valoración del contexto, de ellas, el 41,3 % las expresaron al inicio y el 58,7 % al final. Algunas de las UA fueron: “La ciencia está sometida de cierta manera a unas particularidades, como la época, la cultura, las creencias y los métodos” y “Es fundamental el contexto histórico en el que se desarrollaron sus planteamientos y el impacto que generó en los científicos de la edad moderna”.

De acuerdo con los resultados, se logra establecer que inicialmente los futuros profesores presentan una visión acumulativa y, después del proceso académico, empezaron a valorar el contexto. Sin embargo, algunos estudiantes continúan representando la ciencia como exacta, verdadera y legítima. Esto se da porque los discursos hegemónicos que prevalecen en las clases y en los libros de texto universitario son difíciles de cambiar (Borrachero, Brígido, & Costillo, 2011). Es necesario avanzar hacia propuestas que presenten la importancia de valorar la ciencia como una actividad humana que responda a particularidades de la época, evalúe diversas perspectivas y reconozca los aspectos culturales, sociales y las creencias situadas en un contexto determinado en el que se evidencian las transformaciones de una sociedad (Padilla, Furió, & Azcona, 2005; Quintanilla, 2006a).

En la medida en que se diseñen, desarrollen y evalúen propuestas tanto en asignaturas del componente didáctico

como disciplinar, en las que se destacan y valoran las perspectivas de los diferentes científicos como integrantes y partícipes activos de la sociedad, se avanzará paulatinamente hacia la superación de las ideas simplistas de la ciencia y el papel individualista del científico (Gallego, & Gallego, 2007).

En cuanto a la categoría *Función de la HC* y, específicamente, la subcategoría *Disciplinar*, observamos que los profesores en formación inicial explicitan en sus respuestas 26 UA asociadas al código conceptual, de las que el 53,8 % las utilizaron al inicio y el 46,2 % al finalizar. Algunas de las UA fueron las siguientes: “El proceso de enseñanza no solo necesita un componente pedagógico, sino que él debe estar ligado a un componente científico” y “Con ayuda de la historia de la ciencia, podemos crear o ser parte de la creación de un concepto de científico como un ser cualquiera que se interesó en descubrir fenómenos, ampliar conceptos o innovar”. En el caso del código actividad experimental, los futuros profesores expresan en sus respuestas 14 UA, de estas el 7,1 % las utilizaron al inicio y el 92,9 % al finalizar. Algunas de las UA fueron: “Por medio de experimentación, exponiendo hipótesis, leyes y teorías, con el aporte, no solo de una persona, sino de una comunidad, donde se logre demostrar de alguna manera el fenómeno o experimento” y “La comprensión del modelo instrumental en el proceso de pasteurización incita a responder el cómo, por qué y para qué de esos instrumentos por medio del textos científico-históricos”.

En la subcategoría *Actividad social*, los profesores en formación inicial emitieron 29 UA relacionadas con el código práctica educativa, de ellas, el 13,8 % las expresaron al inicio y el 86,2 % al final. Algunas de las UA acumulativa fueron las siguientes: “La historia de las ciencias proporciona los lineamientos, las estrategias y los parámetros que me permiten llevar a cabo en el acto educativo la enseñanza de las ciencias” y “Reflexionar en una enseñanza más flexible, con metodologías que centren la actuación en el alumno, para favorecer la metacognición, es decir, aprender a aprender”. Mientras que en el código formación de profesores los futuros profesores expresan en sus respuestas 29 UA, de estas el 58,6 % las utilizaron al inicio y el 41,4 % al finalizar. Algunas de las UA fueron: “Estas son características muy necesarias en lo que es la formación en la ciencias y su enseñanza” y “Entender y enseñar la historia de la ciencia es un proceso que requiere la preparación del profesorado en historia y filosofía de las ciencias desde su formación”.

En la subcategoría *Recurso*, los profesores en formación inicial emitieron 23 UA relacionadas con el código uso de materiales, de ellas, el 13 % las expresaron al inicio y el 87 % al final. Algunas de las UA fueron las siguientes: “Ayuden a construir un conocimiento que sea diferente del que se plasma en los textos escolares, ya que en estos se incluyen conclusiones de la misma ciencia que no brinda suficiente contenido para analizar” y “La importancia que poseen las ilustraciones que utilizan los libros de texto de ciencias para la comprensión de su contenido”. En cuanto al código formulación de preguntas, los participantes enunciaron 112 UA y el 100 % las identificamos al final. Algunas de las UA: “¿Qué tipo de neurona intervino en ello?”, “¿Piensa que ser alguien que cambie el giro de la ciencia u otra área es algo imposible?” y “Se realizará una socialización sobre el concepto y sus términos, y la importancia en la actualidad”.

En la categoría *Función de la historia de la ciencia*, fue donde más UD elaboraron los profesores en formación inicial. Se logró identificar ideas relacionadas con los componentes desarrollados durante el semestre; por ejemplo, al finalizar, los participantes otorgaron un papel preponderante a la actividad experimental, la práctica educativa, el uso de materiales y la formulación de preguntas. En este último caso, las preguntas que formularon estaban distribuidas en los tres planos de análisis y desarrollo, es decir, instrumental operativo (preguntas centradas en el contenido, relaciones que lo caracterizan, las posibles so-

luciones, estrategias, procedimientos, fórmulas, cálculos, gráficos, tablas de datos y axiomas), personal significativo (preguntas que indagan procesos y estados personales, puntos de vista, creencias, experiencias personales y contextos cotidianos) y relacional social (preguntas que promueven interacción y socialización entre los estudiantes) (Labarrere, & Quintanilla, 2002). La formulación de este tipo de preguntas incentivará a los estudiantes de educación que se apliquen, y al desarrollo de competencias de pensamiento científico, como la explicación, la justificación y la argumentación (Muñoz et al., 2017).

Se pudo evidenciar que los profesores en formación inicial solo relacionan la *Función de la historia de la ciencia* como aspecto conceptual, y no consideran la actividad experimental como aspecto fundamental en la etapa inicial. Sin embargo, en los resultados finales, se puede determinar un cambio al analizar la frecuencia de la concepción de la actividad experimental. Esperamos que durante su proceso de formación universitaria las asignaturas permitan adquirir experiencias para coaccionar la actividad experimental y la conceptual, y mejorar esa concepción de verlas desligadas.

Es importante que los futuros profesores de ciencia comprendan las funciones de la historia de la ciencia tanto en la práctica educativa como en la formación de profesores, ya que ofrece un panorama de las ciencias en el que se pueden determinar aspectos conceptuales, que desde una visión didáctica permitirán su enseñanza y aprendizaje. Además, esta metadisciplina adquiere valor en la medida en que incluye a los estudiantes como partícipes de la cultura, les permite destacar sucesos que permitieron la construcción de conocimiento científico, favorece la elaboración de nuevos modelos y proporciona lineamientos, estrategias y parámetros que permiten llevar a cabo la enseñanza de las ciencias.

En otras palabras, en la formación de profesores y en la práctica educativa, es necesario que los participantes conozcan, interpreten, exploren, indaguen e investiguen sobre casos históricos de la ciencia. Asimismo, se deben planificar actividades académicas escolares en las que se incorporen el uso de textos científico-históricos como herramientas que faciliten la comprensión de contenidos de la ciencia, la evaluación e innovación metodológica y, sobre todo, la función de la mujer en el desarrollo científico (Solsona, 2015). Esto conlleva la implementación de cambios en la estructura escolar, ya que se incorporarán

los hallazgos obtenidos a partir de los estudios de caso históricos, que innovarán los procesos de construcción de conocimiento científico en el aula (Acevedo, García-Carmona, & Aragón-Méndez, 2017).

La historia de las ciencias como recurso y, específicamente, el uso de materiales tales como los libros de texto escolares permitirán mostrar en ellos el proceso y las dificultades por los que atravesó la investigación científica. De forma paralela, se debe continuar el diseño y la producción de materiales didácticos que la incorporen como un recurso para comprender el desarrollo del conocimiento científico (Cabrera, 2012; Muñoz Bello, & Bertomeu, 2003; Quintanilla, & Merino, 2008; Velasco, 2008).

Por último, el código conceptual mantuvo un margen equilibrado entre los resultados iniciales y finales del semestre; por ello, se puede establecer que estos son fundamentales para la comprensión de argumentos, teorías, conceptos y modelos de las ciencias por parte de los estudiantes. Se debe hacer énfasis en que estos contenidos no se deben continuar presentando de manera tradicional, es decir, como un listado, sino que se han de construir núcleos temáticos en los que se vislumbre los aportes de la historia de la ciencia y se adapten a las controversias científicas actuales en las que participan los profesores en formación inicial (Cabrera, 2016; Izquierdo, 2005).

Finalmente, en la categoría *Aplicación de la HC*, y concretamente la subcategoría *Desarrollo*, observamos que los profesores en formación inicial explicitan en sus respuestas 16 UA asociadas al código aplicación, de las que el 50 % las utilizaron tanto al inicio como al final. Algunas de las UA fueron las siguientes: “Por los avances en las investigaciones científicas, ella ha logrado consolidarse como el punto central en el campo de la investigación, de ahí radica su importancia a nivel mundial” y “Los avances realizados, las distintas asociaciones identificadas y los términos usados son un reflejo de lo valioso que fue su trabajo para el desarrollo evolutivo del término simbiosis y los aportes tan significativos para el estudio de la biología”.

Los profesores en formación inicial interpretan que, a partir de la historia de las ciencias, se puede identificar que la producción de conocimiento está relacionada con el desarrollo y avance de las ciencias, gracias a sus aportes a la sociedad, y porque permite plantear soluciones a problemas sociocientíficos del entorno social y ambiental, con las que se logre la estabilidad económica y el mejoramiento de

la calidad de vida. Además, asumen que la producción de conocimiento está entendida como avances, estudios e investigaciones que contribuyen principalmente a la salud e innovación de campos médicos y forenses.

■ Conclusiones

De acuerdo con los hallazgos obtenidos, se logró identificar que las concepciones sobre historia de las ciencias que los profesores en formación inicial han elaborado corresponden a las visiones anacrónica y diacrónica, funciones como actividad social, recurso y disciplinar, y producción de conocimiento. En este sentido, se deben desarrollar e implementar propuestas didácticas que tengan componentes propios de la historia de las ciencias, que serán de mucha ayuda para la comprensión de asuntos científicos y contextuales, tanto para los profesores como para los estudiantes.

La implementación de propuestas didácticas enfocadas en la historia de las ciencias incentiva a los profesores en formación inicial al reconocimiento, la reflexión y el uso de componentes históricos en sus prácticas educativas. Las investigaciones de este tipo permiten reconocer los estados de las concepciones de estudiantes en formación, lo que es importante para futuras propuestas didácticas, para la reformulación de enfoques curriculares o para innovar o modificar planteamientos académicos. Para finalizar, se describen algunas de las conclusiones obtenidas a partir del análisis descriptivo de la investigación.

En la categoría *Visión de la historia de las ciencias*, se evidencia una transformación de ideas asociadas por los profesores en formación inicial, ya que, después de la propuesta didáctica, las UA relacionadas con el código acumulativo disminuyeron a 10 y las UA de valoración del contexto ascendieron a 27. La propuesta didáctica permitió mejorar el reconocimiento de los diferentes contextos que incurren en la construcción de los conocimientos y en la importancia e incidencia de estos, además, aleja la idea de construcción individualista y cronológica de la ciencia.

El análisis que se realizó en torno a la categoría *Función de la historia de las ciencias* estableció resultados fundamentales para las futuras investigaciones. Por ejemplo, las UA relacionadas con el código actividad experimental mostraron un cambio muy alentador para la investigación, pues inicialmente solo se había relacionado una UA, pero después de la propuesta didáctica aumentó a 13. La

propuesta didáctica rescató la experimentación como un actor importante en la transformación de la construcción de conocimiento científico, y brindó herramientas a los profesores formación inicial que permiten el reconocimiento y uso de esta en las aulas de clase.

Del mismo modo, en la subcategoría *Actividad social*, las UA asociadas al código práctica educativa mostraron un desarrollo significativo, ya que inicialmente se relacionaron cuatro UA, pero luego de la práctica didáctica relacionaron 25. Esto permite concluir que el reconocimiento y uso de la historia de las ciencias en las prácticas educativas por parte de los profesores en formación inicial será importante como ejes estructuradores de los conocimientos en ciencia. Otro punto a resaltar es la subcategoría recurso, pues demuestra que finalmente los futuros profesores hacen mayor uso de la historia de las ciencias para la construcción de sus propuestas didácticas.

Finalmente, se destaca la importancia que los profesores en formación inicial dan a la formulación de preguntas como recurso en pro de la funcionalidad, ya que estas están asociadas a la construcción de conocimientos de ciencia, representado como código formulación en la fase final por una frecuencia de 112 UA. Esto puede ser proyectado para que futuras investigaciones traigan a colación esa necesidad de estructura que pueden brindar las preguntas orientadoras enfocadas en la historia de las ciencias y los estados de desarrollo.

■ Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al Proyecto REDES 150177 y a la Universidad del Valle la posibilidad de compartir y socializar este trabajo colaborativo. Además, declaramos que no tenemos ningún interés comercial o asociativo que presente un conflicto de intereses con el trabajo presentado.

■ Referencias

Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A., & Aragón-Méndez, M. del M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3), 140-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.05.001>

Álvarez, M. (2006). La historia de la ciencia en la formación del profesorado de ciencias. En M. Quintanilla Gatica, & A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos y propuestas* (pp. 239-256). Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. (3.ª ed.). Madrid, España: Akal.

Boido, G., & Lombardi, O. (2012a). Las relaciones entre la historia y la filosofía de la ciencia (Primera parte). *Exactamente*, 49, 39.

Borrachero Cortés, A. B., Brígido Mero, M., & Costillo Borrero, E. (2011). Concepciones sobre la ciencia de los alumnos del C.A.P. futuros profesores de Educación Secundaria. *Revista de Educación Campo Abierto*, 30(1), 63-82. Recuperado de <http://revistas.ojs.es/index.php/campoabierto/article/download/572/510>

Cabrera Castillo, H. G. (2012). Análisis descriptivo sobre el concepto combustión en libros de texto universitarios. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 311-328.

Cabrera Castillo, H. G. (2015). Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 565-580.

Cabrera Castillo, H. G. (2016). *Aportes a la enseñanza de la química a partir de un estudio histórico filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formación inicial* (Tesis de maestría, Universidad del Valle, Cali, Colombia).

Camacho, J. P., Cuéllar, L., Quintanilla, M., & Orellana, M. (2006). *Historia de la ciencia en la formación inicial de profesoras de educación infantil: una propuesta para el cambio conceptual*. Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Cuéllar, L., Quintanilla, M., & Camacho, J. P. (2008). Introducción de la historia de la química en la formación docente: aportes para un debate teórico y campo. *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, 1(2), 109-117. <http://dx.doi.org/10.2436/20.2006.01.64>

Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Madrid, España: Akal.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid, España: Morata.
- Gallego Torres, A. P., & Gallego Badillo, R. (2007). Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação*, 13(1), 85-98. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132007000100006>
- Gibbs, G. (2012). *El análisis de datos en investigación cualitativa*. Madrid, España: Morata.
- Heering, P., & Wittje, R. (2012). An historical perspective on instruments and experiments in science education. *Science & Education*, 21(2), 151-155. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-010-9334-z>
- Hernández, M. (2011). *Elementos para la enseñanza del concepto homeostasis presentes desde el estudio de su desarrollo histórico* (Tesis de grado, Universidad del Valle, Cali, Colombia).
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2008). *Metodología de la investigación*. (4.ª ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Holton, G. (1995): Understanding The History of Science. En: *Einstein, History, and Others Passions*. Woodbury, N.Y.: American Institute of Physics 185-201.
- Izquierdo i Aymerich, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.
- Izquierdo i Aymerich, M. (2014). Pasado y presente de la química: su función didáctica. En C. Merino, M. Arellano, & A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Avances en didáctica de la química: modelos y lenguajes* (pp. 13-36). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica de Valparaíso.
- Izquierdo i Aymerich, M., García-Martínez, A., Quintanilla, M., & Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184. Recuperado de http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/SEIEM/1a/01/00/02_material/1a_generacion/mod8/archivos/Justi_2006.pdf
- Kragh, H. (1990). *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona, España: Crítica.
- Labarrere, A., & Quintanilla, M. (2002). La solución de problemas científicos en el aula: reflexiones desde los planes de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo*, 30(1), 121-137. Recuperado de <http://pensamientoeducativo.uc.cl/files/journals/2/articles/216/public/216-509-1-PB.pdf>
- Latorre, A., del Rinón, D., & Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona, España: Gráficos.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- Muñoz, F., Valencia, E., & Cabrera Castillo, H. G. (2017). Situaciones científicas escolares problematizadoras a partir del análisis del experimento V de Robert Boyle. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 115-125.
- Muñoz Bello, R., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2003). La historia de la ciencia en los libros de texto: las hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 147-159.
- Padilla, K., Furió, C., & Azcona, R. (2005). Las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las Ciencias* (Número Extra VII Congreso), 1-5.
- Quintanilla Gatica, M. (2006a). Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 23(45), 7-23.
- Quintanilla Gatica, M. (2006b). *La emergencia de la historia de la química en la formación del profesorado*. Ponencia presentada en X Encuentros de Educación Química, Talca, Chile.
- Quintanilla Gatica, M., Astroza, V., De la Fuente, R., Camacho, J. P., & Cuéllar, L. (2006). *Imagen de las metaciencias en la formación inicial de profesores de EGB*. Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Quintanilla Gatica, M., Izquierdo, M., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias* (Número Extra), 1-4.
- Quintanilla Gatica, M., Izquierdo, M., & Adúriz-Bravo, A. (2007). Discusión en torno a un modelo para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. En M. Izquierdo, A. Caamaño, & M. Quintanilla Gatica (Eds.), *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 173-196). Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Quintanilla Gatica, M., Labarrere, A., Santos, M., Cadiz, J., Cuéllar, L., Saffer, G., & Camacho, J. P. (2006). *Elaboración, validación y aplicación preliminar de un cuestionario sobre ideas acerca de la imagen de ciencia y educación científica de profesores en servicio*. Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

- Quintanilla Gatica, M., & Merino, C. (2008). Elaborar unidades didácticas incorporando la historia de la ciencia. En C. Merino, A. Gómez, & A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 149-168). Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Solsona Pairó, N. (1997). *L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics*. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Solsona Pairó, N. (2015). Análisis de las estrategias de autorización de mujeres científicas en la Ilustración. *Revista Física y Cultura*, 9, 25-40.
- Urzúa Hernández, M. del C., & Rodríguez-Pineda, D. P. (2015). Visiones sobre ciencia de estudiantes universitarios en el contexto del laboratorio de microbiología y su relación con la historia. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* (Número extraordinario), 194-202. <http://dx.doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia194.202>
- Valencia, E., Muñoz, F., & Cabrera, H. G. (2014). Análisis de texto histórico desde una mirada educativa: el caso del experimento V de Robert Boyle. En *Tercera Conferencia Latinoamericana del Grupo Internacional de Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias* (pp. 1-10). Santiago de Chile, Chile: Bellaterra.
- Velasco, J. (2008). Historia de la ciencia y enfoque historiográfico en libros de Ciencias Biológicas de Educación Básica y Educación Media Diversificada Profesional en Venezuela. *Revista de Investigación*, 32(64), 63-84.
- Zuluaga, C. (2012). Historia y epistemología de la química en la selección y secuenciación de contenidos: la construcción del concepto de átomo. *Revista EDUCyT*, 5, 95-116.

Artículo de investigación

Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red

Harnessing solar energy for the Academic Area of the Police Aviation School through a photovoltaic system with grid connection

Aproveitamento da energia solar para a Área Acadêmica da Escola de Aviação Policial através de um sistema fotovoltaico com conexão de rede

Giovanni Andrés Vargas G. | Santiago Alejandro Gil Baena | John Edison Díaz Figueroa | Luis Miguel Otálora Dueñas*

Policía Nacional de Colombia, San Sebastián de Mariquita, Colombia

- Fecha de recepción: 2017-06-29
- Fecha concepto de evaluación: 2019-09-06
- Fecha de aprobación: 2019-09-11
<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.446>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Vargas G., G.A., Gil Baena, S.A., Díaz Figueroa, J. E., & Otálora Dueñas, L. M. (2019). Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 46-59. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.446>

RESUMEN

El artículo presenta el diseño de un sistema fotovoltaico con conexión a red para el Área Académica en la Escuela de Aviación Policial (ESAVI) de la ciudad de Mariquita, Tolima. La investigación aplicada es del tipo preexperimental, alcance descriptivo y enfoque cuantitativo. Los resultados muestran un consumo energético para la ESAVI de 1.930,61 kWh/día y 38.503,34 kWh/mes para diciembre del 2015; además, se propone un sistema fotovoltaico con conexión a red o generación distribuida (GD) con una capacidad de 63,4 kWh/día y que equivale al 30% de energía consumida por la misma área, el cual está compuesto por 63 paneles solares de 260 watt, un inversor trifásico de capacidad 15.000 watt y un contador bidireccional clase 2. Asimismo, se calculó el valor actual neto con un tiempo de 11 años para la recuperación económica y la tasa interna de retorno para el 2041 de 10,70%, que indican la viabilidad financiera para la implementación del sistema fotovoltaico diseñado. También se espera contribuir con la mitigación del cambio climático y, por ende, al cuidado del medioambiente con la no emisión de 0,39 tCO_{2eq} por mes y la generación de cultura ambiental en los funcionarios y estudiantes de la institución.

Palabras clave: energía, fotovoltaico, panel solar, generación distribuida, Escuela de Aviación

SUMMARY

The article presents the design of a grid-connected photovoltaic system for the Academic Area at the Police Aviation School (ESAVI) in the city of Mariquita, Tolima. The applied research is of the pre-experimental type, with a descriptive scope and quantitative approach. The results show energy



* Autor para correspondencia. Correo electrónico. luis.otalora1081@correo.policia.gov.co

consumption for ESAVI of 1,930.61 kWh/day and 38,503.34 kWh/month by December 2015. In addition, a photovoltaic system is proposed with connection to grid or distributed generation (GD) with a capacity of 63.4 kWh/day and that is equivalent to 30% of energy consumed by the same area. This is composed of sixty-three 260-watt solar panels, a three-phase inverter of 15,000-watt capacity, and a bidirectional meter class 2. Likewise, the net present value was calculated with a time of 11 years for the economic recovery and the internal rate of return for 2041 of 10.70%, which indicate the financial viability for the implementation of the designed photovoltaic system. It is also expected to contribute to the mitigation of climate change and, therefore, to caring for the environment with the emission of 0.39 tCO₂eq per month and the development of environmentally aware culture in the officials and students at the institution.

Keywords: Energy, photovoltaic, solar panel, distributed generation, Aviation School

SUMÁRIO

O artigo apresenta o projeto de um sistema fotovoltaico com conexão de rede para a Área Acadêmica da Escola de Aviação Policial (ESAVI) da cidade de Mariquita, Tolima. A pesquisa aplicada é do tipo pré-experimental, com escopo descritivo e abordagem quantitativa. Os resultados mostram um consumo de energia para ESAVI de 1.930,61 kWh/dia e 38.503,34 kWh/mês em dezembro de 2015; além disso, propõe-se um sistema fotovoltaico com conexão de rede ou geração distribuída (GD) com capacidade de 63,4 kWh/dia e equivalente a 30% da energia consumida na mesma área, o qual está composto por 63 painéis solares de 260 watts, um inversor trifásico com capacidade de 15.000 watts e um medidor bidirecional classe 2. Da mesma forma, o valor presente líquido foi calculado com um tempo de 11 anos para a recuperação econômica e a taxa interna de retorno para 2041 de 10,70%, que indicam a viabilidade financeira para a implementação do sistema fotovoltaico projetado. Espera-se também contribuir para a mitigação da mudança climática e, portanto, para o cuidado do meio ambiente com a não emissão de 0,39 tCO₂eq por mês e a geração de cultura ambiental nos funcionários e alunos da instituição.

Palavras-chave: Energia, fotovoltaico, painel solar, geração distribuída, Escuela de Aviación

El actual cambio climático como consecuencia del incremento de los gases de efecto invernadero, sugiere que es tiempo de cambiar la forma como se consume y se produce la electricidad. Además, la crisis energética es uno de los problemas más importantes a los que nos enfrentamos en los últimos años. Las fuentes de energía renovable recientes desempeñan un papel primordial para hacer frente a estos problemas. El sistema de generación fotovoltaica se ha incrementado de manera rápida en las últimas décadas, y según el más reciente informe sobre la energía fotovoltaica instalada, la meta de producción de 100GW se alcanzó a finales del 2012, y la mayoría de estos están conectados a la red (Islam, Mekhilef & Hasan, 2015; Tsang & Chan, 2014).

La Policía Nacional de Colombia no es indiferente a esta realidad, tiene la voluntad de desarrollar e implementar tecnologías que permitan cada día mejorar los procesos de calidad al interior de la misma. Por esta razón, se es-

tán generando propuestas encaminadas a la reducción de la contaminación y el aprovechamiento y uso moderado de los recursos económicos, sociales, ambientales, entre otros.

Además, la utilización de un sistema fotovoltaico en el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial (ESAVI), permitirá no solo reducir el consumo de energía eléctrica en cada aula de clase y en las oficinas ubicadas en este sector, sino también cuidar el medioambiente. Asimismo, esta tecnología emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente (Domínguez-González, 2012).

La metodología que se utilizará para este proyecto será la generación distribuida (GD) o conexión a red; el cual propone reducir el consumo de energía proveniente del sistema interconectado de la ESAVI, con la implementación de una

red de energía solar fotovoltaica. El proyecto se realizará en tres fases: en la primera, se caracterizará el sistema de baja tensión de la red de suministro de energía a través de mediciones con analizadores de potencia que permite hacer monitoreos continuos, con el fin de establecer la calidad de la energía y las fluctuaciones de carga de la red.

En la segunda fase, se hace la caracterización de la producción de energía fotovoltaica, dimensionando el sistema de paneles solares y sus componentes; además, su respectivo montaje y las conexiones a la red eléctrica de la Escuela.

En la tercera fase, se incluyen los costos de los diferentes componentes del sistema, se ingresa la información obtenida de las redes de las empresas del sector eléctrico, se realiza un estudio técnico-económico del proyecto; el cual permitirá establecer los costos de la instalación y la dimensión del sistema, se establecen las ventajas económicas de la instalación, los retornos de inversión y la reducción de gases de efecto invernadero.

■ Método

El estudio es preexperimental, con un alcance descriptivo y un enfoque cuantitativo, puesto que analiza como principal objeto de estudio el diseño de un sistema fotovoltaico con conexión a red para la ESAVI; ello, teniendo en cuenta para la caracterización de la energía eléctrica, la metodología de gestión total eficiente de la energía (Campos-Avella, Gómez-Dorta & Santos-Macías, 1997) y para el diseño del sistema fotovoltaico, la generación distribuida (GD), y como indicadores se usaron la línea base de consumo energético por hora y día de la semana, la potencia instalada por área y la hora solar estándar (HSS).

Caracterización energética del Área Académica de la ESAVI

Para realizar la caracterización energética en el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial, se llevó a cabo la línea base de consumo energético; además, se determinó la capacidad instalada, la estratificación de aulas u oficinas y equipos con los diagramas de Pareto, teniendo en cuenta el consumo energético.

Línea base de consumo energético del Área Académica de la Escuela de Aviación Policial

Para establecer la línea base de consumo energético fue indispensable determinar las variables de energía eléctrica

por hora, utilizando un analizador de potencia para establecer los registros de voltaje.

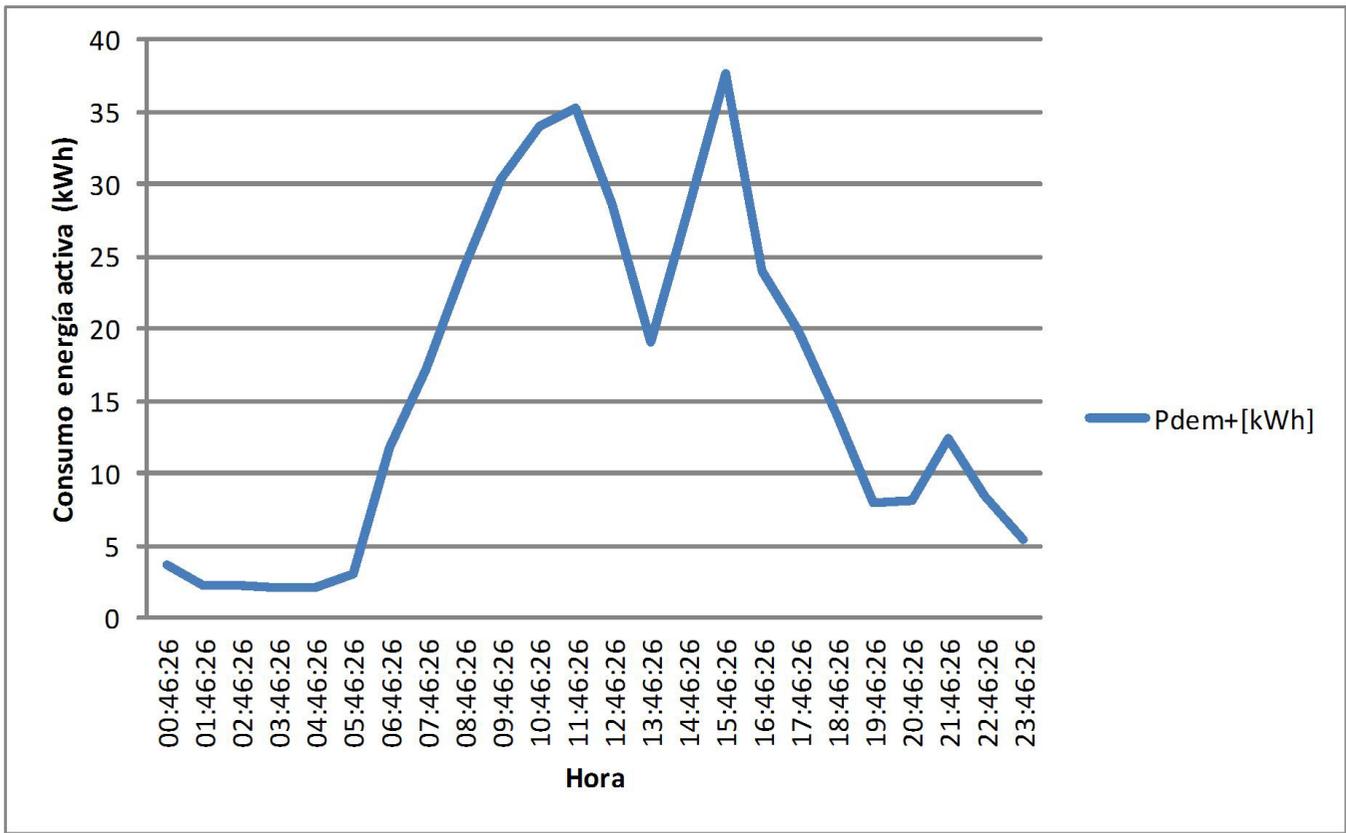
Variables de energía eléctrica por hora

Para hacer la toma de datos de las variables de la energía eléctrica en el Área Académica, se instaló en el transformador ubicado en esta área, el analizador de potencia marca Hioki 3360-21; el cual se instaló, de acuerdo con la norma de calidad de energía NTC 5001 (Norma Técnica Colombiana [NTC], 2008), en el interruptor automático principal (véase figura 1), desde el 4 de diciembre hasta el 11 del mismo mes del 2015, y el tratamiento de los datos se hizo con el software SF1001 que viene con el equipo; posteriormente, se descargaron en archivos CSV y se realizó su tratamiento estadístico descriptivo en Excel por hora del día.

Figura 1. Analizador de potencia Hioki 3360-21 en el transformador del Área Académica



Teniendo en cuenta la hora promedio por semana, se hicieron las siguientes gráficas:

Figura 2. Consumo de energía activa (kWh) del Área Académica de la Escuela de Aviación Policial

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del software SF001. Año 2015.

a) Energía activa (kWh). En la figura 2 se evidencia que el mayor consumo promedio de energía activa es de 23,38 kWh. Este se presenta entre las 6 a.m. y las 6 p.m., que es el horario normal de clase de los estudiantes de la Escuela de Aviación Policial. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que hay consumos de energía activa elevados entre las 12 de la noche y las 6 a.m. con un valor de 2,48 kWh, y de las 6 p.m. a las 12 de la noche con un valor de 9,43 kWh, que no es el horario normal de trabajo de la escuela y que se debe, posiblemente, al encendido de las luminarias de los pasillos, equipos encendidos, entre otras posibles actividades.

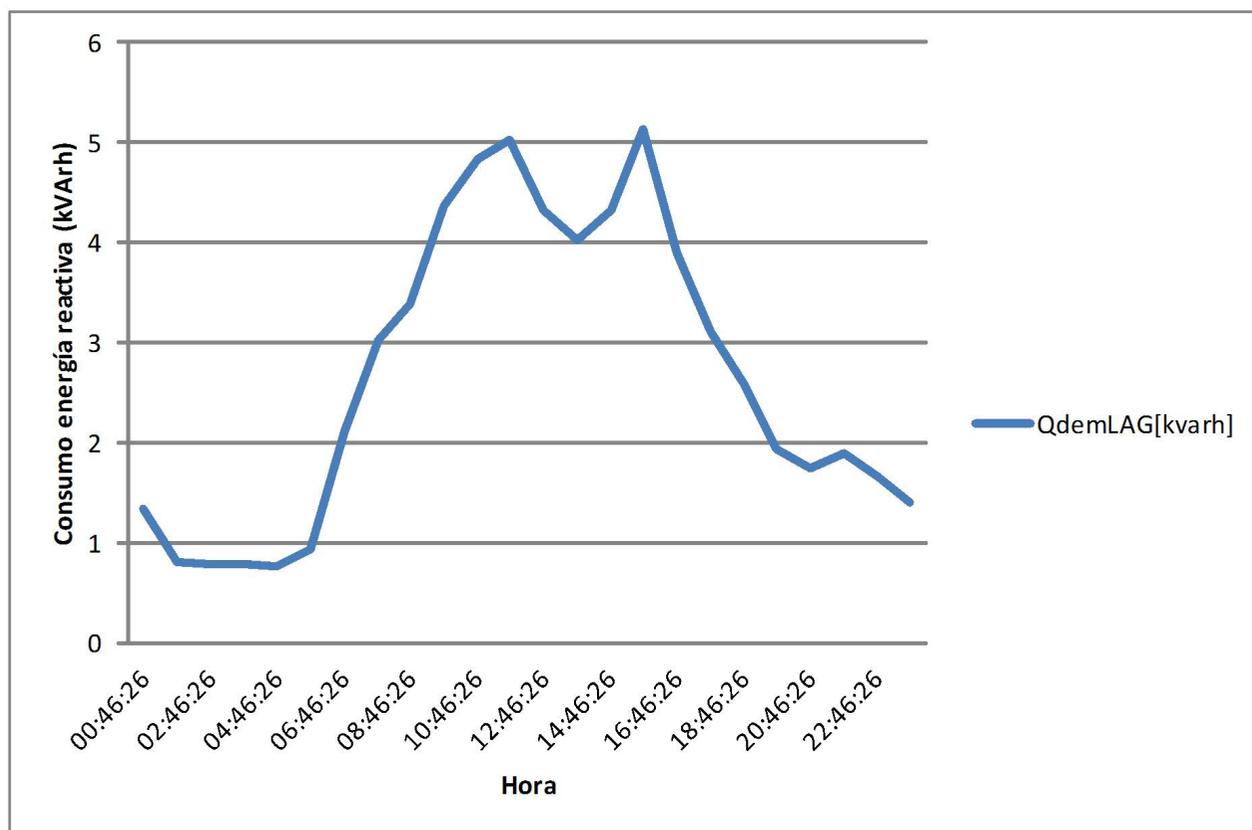
De igual forma, se evidencia que en la franja de 12 m. a 2 p.m. disminuye el consumo energético, puesto que las personas tienen la hora de almuerzo; sin embargo, el consumo energético aún es alto con un valor de 27,68 kWh; lo cual indica que se dejan equipos encendidos como aires acondicionados, luminarias, entre otros, sin haber personas dentro de las aulas académicas.

b) Energía reactiva (kVARh). En la figura 3 se identifica que la mayor generación promedio de energía reactiva es de 3,64 kVARh y se presenta entre las 6 a.m. y las 6 p.m., que es el horario normal de clase de los estudiantes de la Escuela de Aviación Policial; este se puede dar por el uso de aires acondicionados.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que hay generación de energía reactiva elevada entre las 12 de la noche y las 6 a.m. con un valor de 0,90 kVARh, y de las 6 p.m. a las 12 de la noche con un valor de 1,89 kVARh, que no es el horario normal de trabajo de la escuela. Este elevado registro se puede dar por la utilización de aires acondicionados cuando se trabaja hasta altas horas de la noche y madrugada.

De igual forma, se evidencia que en la franja de 12 m. a 2 p.m. disminuye la generación de energía reactiva, puesto que las personas tienen la hora de almuerzo; sin embargo, se detecta que la energía reactiva aún es alta con un valor de 4,46 kVARh; lo cual indica que se dejan equipos

Figura 3. Consumo de energía reactiva (kVArh) del Área Académica



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del software SF001. Año 2015.

encendidos como los aires acondicionados o motores eléctricos.

Perfil de consumo de energía activa (kWh) por día de la semana

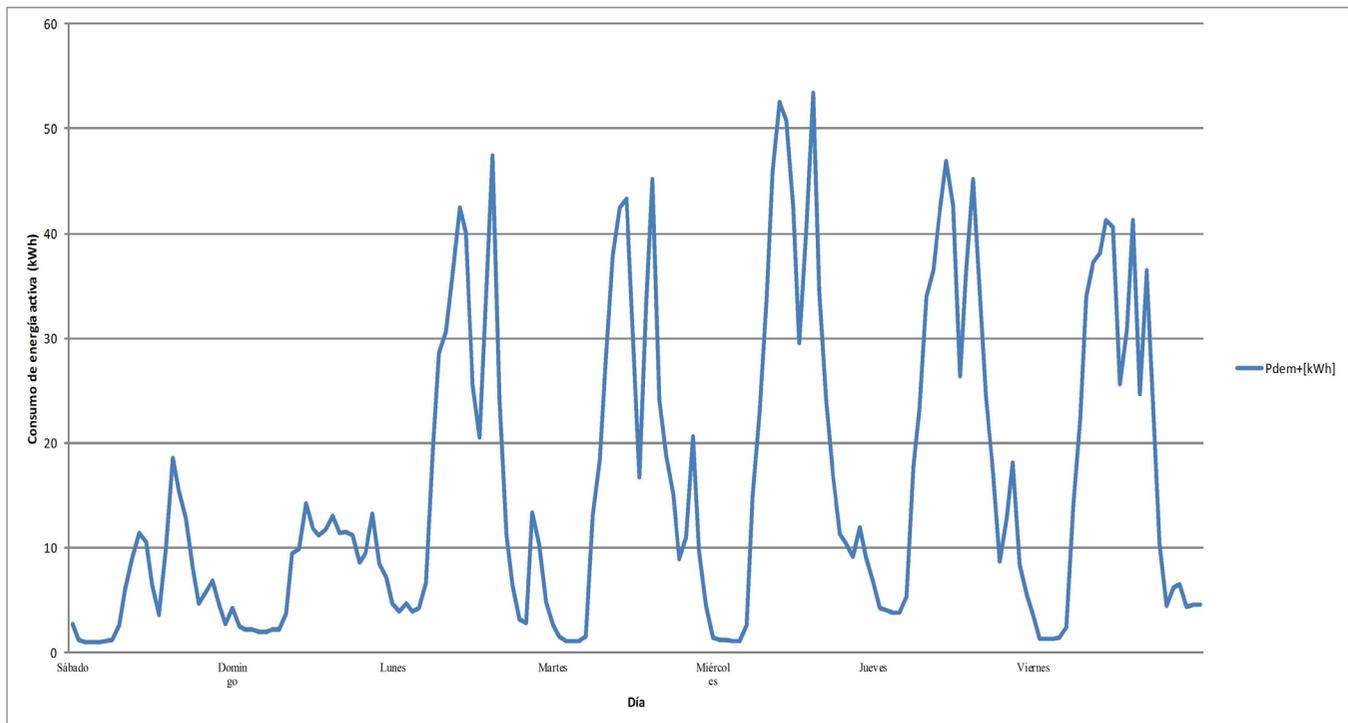
En la figura 4 se evidencia que el mayor consumo promedio de energía activa se encuentra entre 17,74 y 21,78 kWh y se presenta de lunes a viernes, siendo este el horario normal de clase de los estudiantes de la Escuela. Sin embargo, los fines de semana (sábado y domingo) se presenta un consumo promedio de energía activa de 6,96 kWh, que es elevado, teniendo en cuenta que no hay programación de clases, las oficinas laboran y este consumo se puede dar por los equipos encendidos en el Área Académica, iluminación de pasillos, entre otros.

Capacidad de potencia instalada del Área Académica

La capacidad instalada se elaboró con base en la potencia nominal (W) y cantidad de equipos ubicados en cada zona del Área Académica. En la tabla I se muestra el registro.

Tabla I. Capacidad de potencia instalada (W) del Área Académica

Área o aula académica	Capacidad instalada (W)
1	17.216
2	17.537
3	15.183
4 (Sala de idiomas)	21.852
5	17.323
6	16.360
7	16.360
8	17.430
9	7.805
Biblioteca	19.242
Oficinas	43.607
Simuladores (avión y helicóptero)	32.364
Baños	544
Pasillo	275
Hall mesas pin pon	250
Total	243.350

Figura 4. Consumo de energía activa (kWh) por día de la semana

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del software SF001. Año 2015.

En el registro de la tabla I se observa que las áreas con mayor potencia instalada son oficinas con 43.607 W, seguidas de los simuladores con 32.364 W, aula 4 (centro de idiomas) con 21.852 W y la biblioteca con 19.242 W.

Estratificación del Área Académica de la Escuela de Aviación Policial, por oficinas o aulas y equipos

La estratificación se realizó por subáreas establecidas para este estudio (aulas, oficinas, pasillos y *hall*), teniendo en cuenta la capacidad de potencia instalada y el funcionamiento de los equipos por hora, día, mes y año.

Se logró determinar que las áreas con mayor consumo energético (kWh/mes) son: oficinas con 10.181,85, centro de idiomas con 3.446,97, los simuladores con 3.050,77, la biblioteca con 2.735,53 y las aulas académicas del 2 al 8 con un consumo promedio de 2.700.

De igual forma, para la estratificación por equipos se tomó solo las oficinas, puesto que los equipos en casi todas las áreas son los mismos; además, se determinó que el equipo más crítico, que cumple con la ley del Pareto (20% de los equipos que consumen el 80% de la energía), es el aire acondicionado con un consumo de 8.445,75 kWh/

mes. En caso de realizarse un estudio de gestión energética al Área Académica, este sería el equipo en el que deben centrarse los diagnósticos mediante el cálculo de cargas térmicas, recambio por equipos de alta eficiencia o bioclimatizadores, desincrustantes o cambio de refrigerantes que permitan mejorar la eficiencia de estos aires.

■ Diseño del sistema fotovoltaico con conexión a red o generación distribuida (GD)

La metodología para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como opción de generación distribuida en redes de baja tensión o interconectado a la red eléctrica se basó en dos casos de estudio para el 2012 en la ciudad de Bogotá. El primero se elaboró para la Universidad Nacional (Hernández-Mora, 2012), y el segundo en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Patiño-Abella, Tello-Reyes & Hernández-Mora, 2013).

Por otro lado, también se realizó un cálculo con la metodología utilizada por Carneiro (2009) en la Universidad Do Minho, en Brasil, en el 2009, y arrojó como resultado el mismo dato de paneles de las metodologías anteriores, razón por la cual se decidió dejar las primeras teniendo

en cuenta la facilidad para calcular y que se parte de la energía activa requerida (AC y DC).

La metodología que se trabajó estuvo de acuerdo con Vargas-Galván (2015); el cual, basado en los anteriores estudios, logró establecer el modelo de cálculo que se muestra a continuación:

a) Dimensionamiento del sistema. Dado que la luz solar es un recurso cuya intensidad no es constante y se encuentra disponible solo en una franja horaria del día, el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se debe realizar a partir de la energía requerida por las cargas según la potencia consumida y la cantidad de horas de funcionamiento, puesto que un dimensionamiento a partir de la potencia supone un suministro de corriente continua.

La metodología aplicada para el dimensionamiento del sistema, en una primera instancia, consiste en la definición de la energía total a suministrar; es decir, se establece la potencia nominal de las cargas y la cantidad de horas del día en las que se encuentra funcionando.

• La energía que demandan las cargas de DC y AC se determinan de la siguiente forma —véanse ecuaciones (1) y (2)—:

$$Energía_{DC} = \sum_i^k P_i * n_i \text{ [Wh]} \quad (1)$$

Donde i = elemento considerado, P_i = potencia nominal del elemento, n_i = número de horas al día que se encuentra en uso.

$$Energía_{AC} = \frac{\sum_i^k P_i * n_i}{FI} \text{ [Wh]} \quad (2)$$

Donde i = elemento considerado, P_i = potencia nominal del elemento, n_i = número de horas al día que se encuentra en uso, FI = factor de inversión.

En el caso de disponer de cargas de AC, se necesita un inversor para la alimentación de dichas cargas, por lo que el factor de inversión está asociado a la eficiencia de operación de dicho inversor. A continuación, se define la energía que debe suministrar el sistema para atender la demanda de las cargas dispuestas para el sistema —véanse ecuaciones (3) y (4)—.

$$Energía_{Total} = Energía_{AC} + Energía_{DC} \text{ [Wh]} \quad (3)$$

$$Energía_{Total_Corregida} = (Energía_{Total}) * (1 + FS) \text{ [Wh]} \quad (4)$$

El término FS corresponde al factor de seguridad; el cual se dispone para realizar un sobredimensionamiento y en orden dar más confiabilidad al sistema y compensar cualquier tipo de pérdida de energía que se pueda presentar. Además, para establecer las condiciones de carga y corriente presentes en el sistema dispuesto, las siguientes variables se encuentran a fin de seleccionar los elementos adecuados que permitirán hacer la instalación del sistema. En el caso de este estudio, se tomó la energía alterna de la base de datos de capacidad instalada de la ESAVI que se había elaborado.

• **Tamaño del generador fotovoltaico.** En este apartado se evaluará la cantidad de módulos en paralelo y en serie que conformarán el arreglo dispuesto para hacer la alimentación del sistema.

Cantidad de módulos en serie. Los módulos fotovoltaicos se encuentran en tensiones típicas de 12Vdc o 24Vdc, por lo que a partir del establecimiento de un voltaje nominal del sistema, se determina la cantidad de módulos que se deben conectar en serie para que el generador fotovoltaico tenga la tensión nominal que se estableció para el sistema —véase ecuación (5)—.

$$\# \text{ Módulo en serie} = \frac{V_{\text{sistema}}}{V_{\text{nominal del módulo}}} \quad (5)$$

En este caso de estudio se trabajó con un panel de 250 W con un voltaje de 29,8 voltios en potencia máxima y con un voltaje de 220 voltios del sistema eléctrico del transformador de la ESAVI.

Cantidad de módulos en paralelo. Para establecer la cantidad de ramas de módulos fotovoltaicos que se deben colocar en paralelo, se determinan las siguientes variables:

• C_i , **Carga equivalente en corriente:** en este apartado se evalúa la corriente en amperio hora (Ah), que debe suministrar el generador ante las exigencias de carga propuestas en la operación del sistema —véase ecuación (6)—.

$$C_i = \frac{\text{Energía}_{\text{total}_{\text{corregida}}}}{\text{Voltaje}_{\text{del}_{\text{sistema}}}} [\text{Ah}] \quad (6)$$

• **Corriente pico del generador:** se necesita saber la corriente entregada por el generador cuando este se expone a la radiación *Standard* de 1.000 W/m² (HSS), dado que esta corriente corresponde al punto donde el generador entrega la máxima potencia —véase ecuación (7)—.

$$I_{\text{pico}_{\text{del}_{\text{generador}}}} = \frac{C_i}{HSS} [\text{A}] \quad (7)$$

El término *HSS* corresponde a las horas de sol estándar presentes en el sitio de la instalación del sistema y que fue obtenido a partir de datos de estaciones meteorológicas para la ciudad de Mariquita en el 2015.

• **Cantidad de módulos en paralelo:** dado que la corriente pico del generador es la suma de la corriente suministrada por el conjunto de paneles que conforman el generador fotovoltaico, la cantidad de módulos en paralelo se define de la siguiente forma —véase ecuación (8)—:

$$\# \text{Módulos}_{\text{en}_{\text{paralelo}}} = \frac{I_{\text{pico}_{\text{del}_{\text{generador}}}}}{I_m_{\text{del}_{\text{módulo}}}} \quad (8)$$

En este caso de estudio se trabajó con un panel de 250 watt con 8,39 amperios de corriente en potencia máxima.

b) Sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFVCR) o de generación distribuida (GD). Según Hernández-Mora (2012), en los SFVCR, el generador fotovoltaico se interconecta a la red eléctrica a través de un inversor, que es un equipo que convierte la corriente directa (DC) generada por el arreglo de módulos a corriente alterna (AC). En los SFVCR, la energía es inyectada a la red cuando la generación supera al consumo en un determinado instante y extrae energía de ella en caso contrario.

Desde el punto de vista energético, los SFVCR representan la aplicación de la energía solar fotovoltaica de mayor eficiencia, puesto que la generación tiene lugar en el sitio de consumo (se evitan pérdidas de transporte y distribución) con pocas pérdidas de transformación (los inversores operan típicamente a elevados niveles de eficiencia y en baja tensión) y puede aprovecharse en su totalidad, debido a la elevada fiabilidad de la red. En este estudio se adoptó por un sistema de generación distribuida, puesto

que la idea es suprimir las baterías que generan un alto costo al tener que ser sustituidas cada año.

c) Funcionamiento de un SFVCR. La figura 5 muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de un SFVCR típico de aplicación en generación distribuida. Los seis bloques funcionales que lo conforman se describen a continuación (Hernández-Mora, 2012):

• **Generador fotovoltaico,** formado por los módulos fotovoltaicos y su correspondiente estructura soporte.

• **Acondicionador de potencia,** responsable de adaptar las características de la energía producida por el generador (DC a tensión variable) a las requeridas por la red eléctrica (AC a 120 o 208 V), también llamado convertidor DC/AC o inversor.

• **Panel general de servicios o punto de acople común (PCC - *point of common coupling*),** donde se encuentran las protecciones, o conjunto de elementos y medidas adoptadas para garantizar la seguridad del propio SFVCR y la de la red eléctrica.

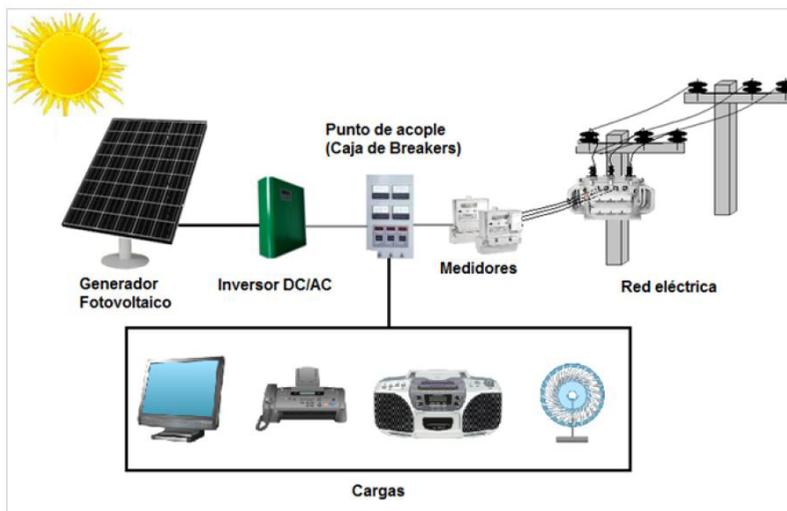
• **Contador bidireccional de energía AC,** el cual registra no solo la energía que se consume de la red, sino también la que se podría estar entregando al sistema interconectado en un instante dado.

• **Carga,** formada por todas aquellas aplicaciones que demandan energía eléctrica para su funcionamiento.

• **Red eléctrica convencional.** El SFV trabaja de la siguiente forma: la energía eléctrica DC producida por el generador FV se transforma en corriente alterna, con unas características idénticas a la corriente eléctrica de la red, y se interconecta automáticamente con ella. Este proceso lo realiza el inversor, que transforma la corriente continua de los paneles solares a corriente alterna, con una tensión de salida estable y una corriente variable en función de la irradiancia solar. La corriente alterna generada por el inversor se sincroniza con la frecuencia de la corriente de la red y, después de pasar por el contador, será inyectada a la red.

La energía no consumida en el mismo sitio de la instalación nunca se pierde, puesto que esta se exporta a la red general de distribución, para que sea consumida por

Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica



Fuente: Hernández-Mora (2012).

el cliente eléctrico más próximo. Por consiguiente, esta electricidad siempre es consumida a muy corta distancia de donde es producida y, por tanto, las pérdidas asociadas a su transporte son insignificantes.

En este estudio, se espera implementar este tipo de generación, y se desea que lo producido por el sistema fotovoltaico en cerca de cinco horas de disponibilidad solar sea consumido por la ESAVI y cuando no haya suficiente radiación solar la Institución pueda tomar de la red eléctrica la energía requerida. De igual forma, por ejemplo, los fines de semana que no haya consumo apreciable por parte de la ESAVI se pueda exportar energía a la red; lo cual permitirá que el contador bidireccional pueda restar la energía consumida de la red con la producida por el sistema fotovoltaico.

d) Hora solar estándar (HSS) ciudad de Mariquita, año 2015. En el presente trabajo se pretende analizar el recurso solar de Mariquita, tomando como fuentes de información solo las estaciones meteorológicas presentes en la ciudad que cuenten con instrumentos que midan de manera directa la radiación solar incidente. Se descartan, de esta forma, las estimaciones matemáticas y se parte únicamente de los datos reales obtenidos con las diferentes estaciones. Lo anterior, con el fin de establecer si las condiciones de radiación de Mariquita permitirían el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos interconectados residenciales.

La ciudad de Mariquita se encuentra ubicada a 5° 12' 4" de latitud norte y 74° 54' 46" de longitud occidental. Su temperatura promedio es de 27 °C (IHOBE.Pública de Gestión Ambiental Bilbao, 2009). Sin embargo, en esta ciudad solo se cuenta con una estación meteorológica en el Aeropuerto José Celestino Mutis, que no mide la radiación solar sino las variables que afectan el despegue, circulación o aterrizaje de los aviones o helicópteros, como la velocidad del viento, presión ambiente, humedad relativa, entre otras. Para obtener entonces la hora solar estándar (HSS), la cual permite realizar comparaciones entre estaciones que manejan unidades de radiación y frecuencias de registro diferentes, se utilizó el software RETScreen (Natural Resources Canada, 2014); además, dicho valor permitió determinar el área de los paneles solares que se propondrá para la ESAVI sede Mariquita.

En la tabla 2 se observa que la mayor radiación solar en la ciudad de Mariquita se alcanza en la franja horaria de 10 a.m. a 3 p.m. (5 horas), aproximadamente.

De acuerdo con el mapa de disponibilidad horaria de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), se tenía en el 2005 para la ciudad de Mariquita un valor de HSS mensual de 3,5 a 5 horas (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2005) por mes; asimismo, una disponibilidad horaria de 4 a 5 horas de brillo solar (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2005).

Tabla 2. HSS por mes de Mariquita

Mes	HSS-1.000 W/m ²
Enero	4,77
Febrero	5,19
Marzo	5,36
Abril	4,51
Mayo	4,02
Junio	3,60
Julio	4,11
Agosto	3,94
Septiembre	3,72
Octubre	3,66
Noviembre	3,58
Diciembre	3,91
Promedio anual	4,19

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la estación meteorológica. Software RETScreen. Año 2016.

Por otro lado, se pueden comparar los datos obtenidos en un estudio realizado en la ciudad de Bogotá a ocho estaciones meteorológicas en el 2010, en donde se obtuvo un HSS anual de 4,31 horas (Vallejo-Lozada, Hernández & Sáenz, 2010) y en la ciudad de Ibagué, Tolima, con 4,88 (Vargas-Galván, 2015), lo cual indica que los valores obtenidos para Mariquita del HSS anual y mensual están dentro de los rangos permitidos, y se puede hacer el cálculo de área y del número de paneles requeridos por la ESAVI.

e) Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el Área Académica de la ESAVI. A continuación, se muestra el resumen del diseño de los sistemas fotovoltaicos conectados a un punto común de baja tensión, teniendo en cuenta las fórmulas mencionadas ante-

riormente. De igual manera, el dimensionamiento se hizo teniendo en cuenta la hora solar estándar por mes dado por el software RETScreen y la UPME.

• **Consumo de energía del Área Académica de la ESAVI.** En la tabla 3 se observa el resultado de la energía activa corregida; la cual tiene una energía activa de 65,52 kWh por día laboral (30% del consumo normal del Área Académica). Lo anterior, teniendo en cuenta que aún no se ha reglamentado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) el uso de créditos energéticos a través de contadores bidireccionales.

Debe tenerse en cuenta que al producir mayor cantidad de energía de la que se requiere y no sea consumida en su totalidad por el Área Académica, esta se perderá; puesto que aún Enertolima no ha reglamentado el uso de contadores bidireccionales para el pago de dichos saldos energéticos, que se producen al restar la energía producida de la red eléctrica con la de los paneles solares del usuario.

Asimismo, se recomienda instalar el sistema fotovoltaico con el contador bidireccional para consumo interno de la Institución; y cuando en el año 2018 la CREG expida la reglamentación de los créditos energéticos, se logrará hacer la sincronización con la red eléctrica de Enertolima y terminar de instalar los paneles solares que generen el resto de energía eléctrica del Área Académica.

De igual forma, en la tabla 4 se encuentra el resumen de los cálculos del sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta un panel solar de 260 watt y un inversor de conexión a red trifásica de 15.000 watt, la cual evidencia que se tienen los sistemas fotovoltaicos para el consumo de la ES-

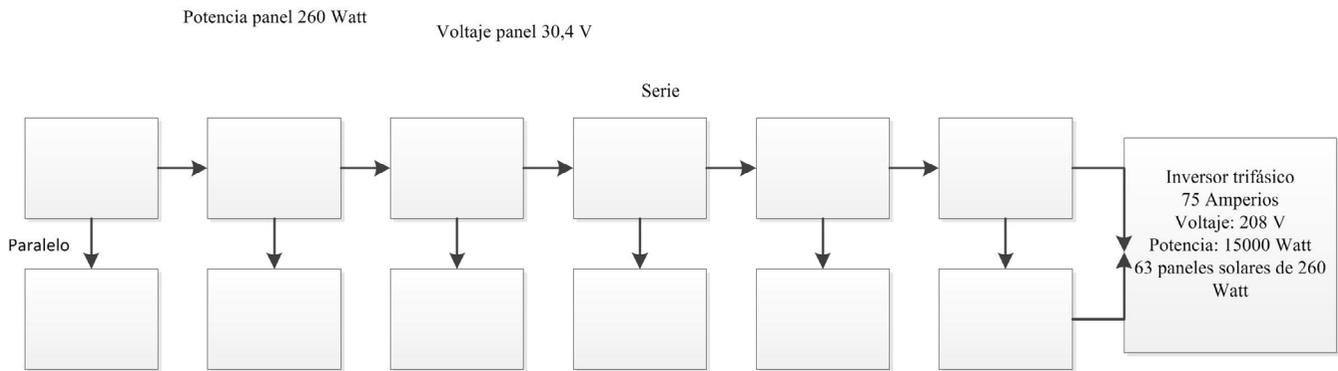
Tabla 3. Energía activa corregida de la ESAVI para el Área Académica. Año 2016

Año	Mes	Número de días	Energía activa (kWh) × mes	HSS-1.000 +100 W/m ²	Energía AC	Energía activa (kWh) × día	Energía total corregida en Wh
2015	Diciembre	31	2.031,12	4,19	2.184	70,452	70.452

Tabla 4. Número de paneles solares y área requerida para el Área Académica de la ESAVI. Año 2016

Módulos en serie-260 watt IBC solar (208v/30,4)	Carga equivalente en corriente (Ah)	Corriente pico del generador (A)	Módulos en paralelo-260 watt IBC solar (8.23 A)	Cantidad de paneles	Cantidad real de paneles	Área (m ²)	Inversor por agrupación de 64 paneles solares de 260 watt-15 kVA	Potencia paneles - Teniendo en cuenta el HSS y 260 watt y eficiencia del 97%-Wh
6	320	76	10	60	60	111	1	63.403

Figura 6. Número de paneles solares por inversor de 15.000 watt



AVI y su respectivo arreglo de paneles. De igual modo, se propone un arreglo de 63 paneles solares para aumentar la energía producida (2.031 kWh).

Por otro lado, el número de paneles solares por inversor se puede ver en la figura 6; donde las filas son paneles en serie y las columnas paneles en paralelo.

f) Fichas técnicas de los equipos seleccionados

- Panel solar de 260 watt policristalino, distribuido por la empresa IBC Solar (IBC Solar, 2016).
- Inversor trifásico Fronius 15.0-3 para conexión a red con una capacidad de 15.000 watt, distribuido por la empresa Hybrytec (Hybrytec, 2016). El cual garantiza el monitoreo de producción de energía a través de redes de Internet WiFi.
- Contador bidireccional EA/R 5-10A CL 02s 480V C/ OP Modem referencia SL 7000, distribuido por la empresa Itrón con sucursal de distribución en Colombia (Itrón, 2015).

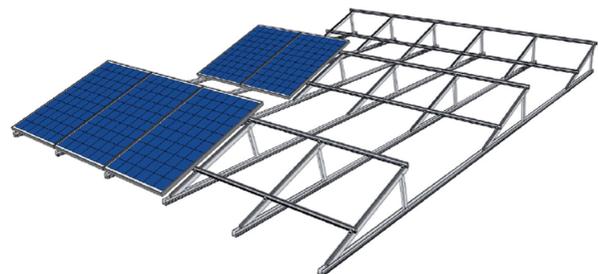
g) Montaje de la estructura, ángulo azimut o de inclinación y declinación magnética (norte verdadero). Para el montaje de los 63 paneles solares, se decide hacerlo sobre el parqueadero de motos cerca al Área Académica (lado derecho) como se muestra en la figura 7, el cual cuenta con unas dimensiones de 30,6 m de largo × 6,23 m de ancho con perlines en C, teja (cubiertos) y un ángulo de inclinación de aproximadamente 2°; lo anterior, con la finalidad de reutilizar la estructura metálica que se tiene en la actualidad para su montaje y no incurrir en sobrecostos por obras civiles adicionales.

Figura 7. Montaje propuesto para los paneles solares del Área Académica. Año 2016



De igual modo, se recomienda un montaje de los paneles solares como se puede ver en la figura 8, con ángulos o perfiles en C en aluminio que van apoyados sobre los perlines de la estructura metálica actual, con un ángulo de inclinación vertical de aproximadamente 14° y con una inclinación horizontal de 2° hacia el norte verdadero; esto, teniendo en cuenta la latitud de Mariquita, Tolima, y la declinación magnética para el planeta tierra.

Figura 8. Estructura soporte de los paneles solares para el Área Académica. Año 2016.



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq})

Las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) por energía, corresponden a las de CO_{2eq} que provienen de la generación de la energía eléctrica comprada por la ESAVI a Enertolima. Según la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME (2015), el factor mix de electricidad promedio mensual para el 2015 en Colombia fue de 0,21 tCO_{2eq}/MWh, lo cual indica que de acuerdo con el sistema fotovoltaico propuesto con una generación de energía eléctrica de 1,902 MWh/mes se puede estimar dejar de emitir 0,39 tCO_{2eq}/mes al medioambiente.

Análisis económico de la propuesta del sistema fotovoltaico

A continuación, se realiza el análisis económico de la propuesta para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial.

Presupuesto

El presupuesto de la implementación de paneles solares para satisfacer el consumo energético del Área Académica de la Escuela de Aviación Policial fue de \$ 94.980.850; el cual incluye servicio técnico para la instalación eléctrica y montaje de la estructura, materiales e insumos y los equipos que conforman el sistema fotovoltaico como paneles solares, inversor y el contador bidireccional.

Valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)

Se determinó que el tiempo de recuperación de la inversión era de aproximadamente 11 años con un valor de \$ 11.908.342 y la TIR para el 2041 era de 10,70% para la implementación de paneles solares en el Área Académica de la ESAVI; además, se tuvo en cuenta que la vida útil de los paneles solares es de cerca de 25 años y una tasa de usura del 0%. De igual modo, se tuvo en cuenta la depreciación para maquinaria y equipos.

■ Análisis y discusión de resultados

Análisis de consumos energéticos por hora y día del Área Académica de la ESAVI

En el análisis por hora y día se logró identificar que en horas no laborales (después de las 10 p.m. hasta las 6 a.m. del otro día) o al mediodía se presentan consumos de energía activa promedio de 9,16 kWh y reactiva de 1,7 kVArh,

los cuales son bastante elevados teniendo en cuenta que no hay personas dentro de las aulas académicas u oficinas; además, indican que posiblemente en estos horarios se dejan equipos encendidos como aires acondicionados, luminarias, equipos de cómputo, entre otros. De igual forma, en los fines de semana (sábado y domingo), también existe un consumo promedio de energía activa de 6,96 kWh y reactiva de 0,93 kVArh, y que puede ser causado por la misma situación.

Se recomienda hacer un estudio de gestión energética que incluya un análisis de calidad de energía y termografía, que permita elaborar propuestas a corto, mediano y largo plazo, como:

- Implementación de sensores de presencia para el encendido de las luminarias de los pasillos, oficinas o aulas académicas.
- Cambio de iluminación fluorescente o incandescente a tecnología LED.
- En el caso de los aires acondicionados: uso de desincrustante, cambio de refrigerante, y recambio por equipos de alta eficiencia o bioclimatizadores.
- Banco de condensadores para la reutilización de la energía reactiva.
- Sistemas inteligentes de medición de energía eléctrica que apaguen los equipos cuando no hayan personas en las aulas académicas u oficinas.

Capacidad del sistema fotovoltaico con conexión a red

Se llevó a cabo un dimensionamiento de un arreglo de paneles solares con conexión a red; el cual cuenta con 63 paneles solares de 260 watt, un inversor trifásico de 15.000 watt, un contador bidireccional, una estructura en aluminio, entre otros elementos. Además, se espera que pueda generar 16,38 kWp/hora y que sea instalado en el parqueadero de motos del lado derecho del Área Académica.

Emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq}) no emitidas al medioambiente

Se espera dejar de emitir aproximadamente 0,39 tCO_{2eq}/mes al medioambiente con la implementación del sistema fotovoltaico diseñado en la ESAVI, lo cual contribuye a mejorar el factor económico por el ahorro de energía

eléctrica y la mitigación del calentamiento global y, por ende, del cambio climático. De igual forma, se concluye que los sistemas fotovoltaicos son energías renovables y limpias, puesto que no agotan los recursos naturales, evitan la contaminación del medioambiente por combustibles fósiles (energías convencionales) y cuentan con una fuente de energía ilimitada como la solar, permitiendo la sostenibilidad ambiental del proyecto y la posibilidad de generación de una conciencia y cultura ambiental en los funcionarios y estudiantes de la Escuela, los cuales pueden servir como multiplicadores de dicha importancia en su entorno familiar, social y laboral.

■ Conclusiones

Con el análisis del consumo energético del Área Académica de la Escuela de Aviación Policial, objeto de estudio, se logró determinar registros elevados en consumos de energía activa y reactiva en horas de la noche (10 p.m. a 6 a.m. del siguiente día), a mediodía o el fin de semana donde no se realizan actividades académicas y laborales por parte del personal del Área (funcionarios y estudiantes), los cuales pueden ser generados por dejar encendidos equipos como aires acondicionados y cómputo; iluminación de oficinas, aulas académicas y pasillos, entre otros. De igual forma, las áreas con los respectivos consumos energéticos promedio (kWh) más elevados en ese horario fueron las oficinas con 10.181, la sala de idiomas con 3.446; los simuladores con 3.050 y la biblioteca con 2.735. Además, se determinó que se tienen problemas en los circuitos eléctricos como fluctuaciones constantes de voltaje, altos valores de energía reactiva, fases de carga desniveladas, entre otros, y se recomienda hacer un análisis de calidad de energía que incluya preferiblemente la termografía.

El sistema fotovoltaico con conexión a red propuesto para la ESAVI es viable desde el punto de vista financiero y puede ser implementado, puesto que se espera recuperar la inversión en aproximadamente 11 años (año 2027) a partir de implementar el sistema fotovoltaico propuesto en el 2016. Además, se determina su sostenibilidad ambiental con el ahorro de energía eléctrica que se deja de producir de fuentes convencionales como la hidráulica o combustibles fósiles y las emisiones de $0,39 \text{ tCO}_{2\text{eq}}/\text{mes}$ que se dejan de emitir al medioambiente, contribuyendo con ello a la mitigación del calentamiento global y, por ende, del cambio climático.

La implementación de los sistemas fotovoltaicos con conexión a red son importantes en este tipo de instituciones académicas de la Policía Nacional, puesto que permite las condiciones de confort de los estudiantes y funcionarios al no generar sobrecostos por consumo de energía eléctrica cuando llevan a cabo a diario sus funciones, y se espera con ello una mayor eficiencia y eficacia en sus actividades, sobre todo en épocas de verano que pueden alcanzar temperaturas ambiente entre $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y $32 \text{ }^\circ\text{C}$ en algunos departamentos de Colombia (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, 2015). También, si se logra implementar este tipo de sistemas con una generación parcial o completa de energía eléctrica en las demás escuelas o compañías de la Policía Nacional en el territorio nacional, los resultados contribuirían a incrementar la matriz energética del país, el cumplimiento de algunos de los objetivos de desarrollo sostenible para Colombia, promover e incentivar la implementación de energías limpias o renovables en el país, y a la generación de una conciencia y cultura ambiental en los funcionarios y estudiantes de la Institución, los cuales sirvan como multiplicadores del cuidado del medioambiente en su entorno familiar, social y laboral.

■ Referencias

- Campos-Avella, J. C., Gómez-Dorta, R., & Santos-Macías, L. (1997). *La eficiencia energética en la gestión empresarial*. Cienfuegos, Cuba: Universidad de Cien Fuegos.
- Carneiro, J. (2009). *Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos*. Recuperado el 1° de mayo de 2015, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/16965>.
- Domínguez-González, H. (2012). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el COBAEV 35 XALAPA* (tesis de Maestría). Xalapa-Enríquez: Universidad Veracruzana.
- Hernández-Mora, A. J. (2012). *Metodología para el análisis técnico de la masificación de los sistemas fotovoltaicos como opción de generación distribuida en redes de baja tensión* (Tesis doctoral). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Hybrytec. (2016). *Catálogo de inversores trifásicos*. Recuperado el 17 de enero de 2016, de <http://www.hybrytec.com/>.
- IBC Solar. (2016). *Catálogo de paneles solares*. Recuperado el 17 de enero de 2016, de <https://www.ibt-solar.es/>.
- IHOBE. Pública de Gestión Ambiental Bilbao. (19 de noviembre de 2009). *IHOBE*. Recuperado de <http://www.ihobe>.

net/Publicaciones/Ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod = bc53a7db-3edb-4b96-ac9a-1f163ed0d76b.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2015). *Anuario climatológico*. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual/-/document_library_display/xYvIP-c4uxkIY/view/299660?_I10_INSTANCE_xYvIP-c4uxkIY_redirect=http%3A%2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fweb%2Ftiempo-y-clima%2Fclimatologico-mensual%3Fp_p_id%3D110_INSTANCE_x.
- Islam, M., Mekhilef, S., & Hasan, M. (2015). Single phase transformerless inverter topologies for grid-tied photovoltaic system: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (45), 69-86.
- Itrón. (2015). *Catálogo de contadores bidireccionales*. Recuperado de <https://www.itron.com/mxca/es/pages/default.aspx?region=latinAmerica&language=spanish>.
- Natural Resources Canada. (10 de octubre de 2014). *RETScreen International*. Recuperado de 2015, de <http://www.retscreen.net/es/home.php>.
- Norma Técnica Colombiana (NTC). (10 de junio de 2008). *Norma NTC 5001*. Recuperado de <http://tienda.icontec.org/brief/NTC5001.pdf>.
- Patiño-Abella, J. S., Tello-Reyes, J. S., & Hernández-Mora, J. A. (2013). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico híbrido y desarrollo de su regulador de carga aplicando instrumentación virtual. *Elementos*, 2(1), 29-45.
- Tsang, K., & Chan, W. (2014). Rapid islanding detection using multi-level inverter for grid-interactive PV system. *Energy Conversion and Management*, (77), 278-286.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2005). *Mapas de brillo solar*. Recuperado el 15 de enero de 2015, de http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2005). *Mapas de radiación solar global sobre una superficie plana*. Recuperado el 15 de enero de 2015, de http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/2-Mapas_Radiacion_Solar.pdf.
- Unidad de Planeación Minero Energética-UPME. (2015). *Factor mix eléctrico de la UPME para Colombia año 2015*. Bogotá: UPME.
- Vallejo-Lozada, W.A., Hernández, J., & Sáenz, E. (2010). Estudio del recurso solar en la ciudad de Bogotá para el diseño de sistemas fotovoltaicos interconectados residenciales. *Revista Colombiana de Física*, 42(2), 5.
- Vargas-Galván, G. A. (2015). *Programa piloto para la gestión energética en instituciones educativas en el departamento del Tolima* (Tesis de maestría). Ibagué: Universidad de Ibagué.

Artículo de Investigación

Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca

Characterization of the production processes of textile SMEs in Cundinamarca

Caracterização dos processos produtivos das PME têxteis de Cundinamarca

Wilfrido Javier Arteaga Sarmiento^{a,*} | Diana Carolina Villamil Sandoval^b | Abraham Jesús González^c

^a <https://orcid.org/0000-0001-7890-7751>

^b <https://orcid.org/0000-0001-6596-8678>

^c <https://orcid.org/0000-0002-3298-1902>

Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-02-28
 - **Fecha concepto de evaluación:** 2019-10-19
 - **Fecha de aprobación:** 2019-10-25
- <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.839>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Arteaga Sarmiento, W. J., Villamil Sandoval, D. C., & González, A. J. (2019). Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 60-77. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.839>

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación tiene como finalidad caracterizar los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca, desde el uso de las herramientas Lean Manufacturing. Para la selección de las empresas a participar en el estudio, se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, y se seleccionaron solo 31, que finalmente decidieron participar en el estudio, estas brindaron información necesaria para conocer su estado, a partir de los tres pilares fundamentales de la filosofía Lean: Kaizen, Jidoka y Just in Time. La recolección de información se hizo a través de la aplicación de un instrumento conformado por 24 preguntas: las 5 primeras fueron de información general de las empresas y las 19 restantes, de selección, y se utilizó una escala tipo Likert. La forma de aplicación del instrumento se hizo mediante el envío de un correo electrónico con el cuestionario, empleando un formulario Google para la tabulación de los datos. Los resultados obtenidos permiten inferir, sobre la base de las 31 empresas encuestadas, que las pymes realizan esfuerzos para lograr la excelencia operacional; sin embargo, presentan grandes oportunidades de mejora en cuanto al control de la producción, desperdicios y calidad, que pueden ser alcanzadas al realizar una adecuada transferencia de conocimiento.

Palabras clave: procesos productivos, herramientas Lean, Kaizen, Jidoka, Just in Time



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: wilfrido.arteaga@unimilitar.edu.co

SUMMARY

The aim of this research is to characterize the production processes of textile SMEs in Cundinamarca, based on the use of Lean Manufacturing tools. To select the companies to participate in the study, a non-probabilistic sample was applied for convenience, and only 31 were selected, who finally decided to participate in the study. These provided the necessary information to know their status, from the three fundamental pillars of Lean philosophy: Kaizen, Jidoka, and Just in Time. The information was collected by applying a 24-question instrument: the first 5 questions were general information about the companies and the remaining 19 were selection questions. A Likert scale was also used. The questionnaire was sent in an email, and Google form was used to tabulate the data. The results obtained suggest, on the basis of the 31 companies surveyed, that SMEs strive to achieve operational excellence; however, there are great opportunities for improvement in terms of production, waste and quality control, which can be achieved through appropriate knowledge transfer.

Keywords: Production processes, Lean tools, Kaizen, Jidoka, Just in Time

SUMÁRIO

O objetivo desta pesquisa é caracterizar os processos de produção das PME têxteis em Cundinamarca, a partir do uso de ferramentas Lean Manufacturing. Para a seleção das empresas participantes do estudo, foi aplicada uma amostragem não probabilística por conveniência, e somente 31 foram selecionadas, que finalmente decidiram participar do estudo, forneceram as informações necessárias para conhecer seu estado, a partir dos três pilares fundamentais da filosofia Lean: Kaizen, Jidoka e Just in Time. A coleta de informação foi realizada através da aplicação de um instrumento composto por 24 questões: as 5 primeiras foram sobre informação geral das empresas e as 19 restantes, de seleção, e foi utilizada uma escala Likert. Para aplicar o instrumento, o questionário foi enviado por e-mail utilizando um formulário Google para a tabulação dos dados. Os resultados obtidos permitem inferir, com base nas 31 empresas que responderam a pesquisa, que as PME se esforçam para alcançar a excelência operacional; no entanto, apresentam grandes oportunidades de melhoria no controle da produção, desperdício e qualidade, que podem ser alcançadas mediante a transferência adequada de conhecimento.

Palavras-chave: Processos de produção, ferramentas Lean, Kaizen, Jidoka, Just in Time

El desarrollo tecnológico y la globalización tiene un impacto profundo en las empresas de todo el mundo sin importar su tipo o tamaño (Popa, Soto & Pérez, 2016). En las economías globalizadas, muchos mercados se vuelven cada vez más competitivos (Savrul, Incekara & Sener, 2014), por lo que la supervivencia de las empresas depende de mejorar sus procesos productivos e incluso organizacionales para perdurar en el mercado globalizado (Irjayantia & Mulyono, 2012).

En este contexto de mundo globalizado y cada vez más competitivo se insertan las pequeñas y medianas empresas (pymes) quienes han sido objeto de estudio en numerosas investigaciones, tanto en países industrializados como en los que están en vías de desarrollo (Zevallos, 2006). Este tipo de empresas representan un componente importante

en todas las economías del mundo (Levy & Powell, 1998), debido a que tienen una participación significativa en la producción total de los procesos económicos y en la generación de fuentes de empleo (Gandhi, Thanki & Thakkar, 2017). Estas empresas son consideradas organizaciones flexibles y adaptables ante los entornos competitivos; sin embargo, requieren ayuda para superar sus debilidades y desarrollar sus fortalezas y así competir en mejores condiciones en los mercados globalizados.

Una posible ayuda para que estas empresas se transformen en más competitivas podría ser si aplicasen los métodos y herramientas Lean, puesto que estas han permitido alcanzar la excelencia operativa a grandes empresas en especial en el sector de manufactura (Garza-Reyes, Kumar, Chaikittisilp & Hua-Tan, 2018).

Con base en lo anterior surgió la presente investigación, la cual se planteó como propósito caracterizar los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca, desde el uso de las herramientas *Lean manufacturing*, a fin de conocer las barreras o brechas existentes en ellas para aplicar esta filosofía, que les puede permitir ser más competitivas y aprovechar herramientas de éxitos que hasta ahora parecen haber sido reservadas solo para grandes corporaciones.

Es de destacar que en la literatura se encuentran diversidad de herramientas y técnicas que permiten superar las barreras existentes y lograr mejoras en el proceso productivo de las empresas; entre estas, se encuentran las herramientas Lean para la mejora continua (Enke et al., 2018), que permiten la competitividad empresarial a partir de la excelencia operacional (Mohd-Rohani & Mojib-Zahraee, 2015); sin embargo, es necesario estudiar la implantación de las herramientas Lean en las pymes, dado que difieren de las grandes empresas debido a sus características particulares.

En el departamento de Cundinamarca, las pymes textiles no son ajenas a la problemática planteada, se ven altamente afectadas por el desarrollo tecnológico y la globalización. Además, sus procesos productivos son controlados a partir de métodos poco convencionales, por la ausencia de conocimiento sobre cómo hacerlo correctamente, lo que impide una ventaja competitiva. Por tanto, para cumplir con el objetivo de la investigación resulta necesario conocer el estado en el que se encuentran los procesos productivos de las pymes textiles, buscando posteriormente establecer estrategias que permitan la excelencia operacional.

En el estudio realizado se hizo una caracterización de los procesos productivos de las pymes del departamento, en cuanto a la aplicación de las herramientas Lean. Se trabajó con un muestreo no probabilístico por conveniencia, puesto que no todas las empresas estuvieron interesadas en suministrar información. Finalmente, se aplicó una encuesta a solo 31 pymes que decidieron participar en el estudio. La aplicación del instrumento de recolección de información se hizo de forma virtual, esto empleando un formulario Google para la tabulación de los datos. Se realizó acercamiento a las empresas a través de correo electrónico, vía telefónica y de forma presencial, contactando de forma directa a representantes legales, geren-

tes, directores, coordinadores e ingenieros de procesos de las empresas participantes; esto con el propósito de asegurar que quien respondiera la encuesta tuviera una visión global del funcionamiento de su empresa y, a su vez, se redujera el sesgo de la información recolectada, lo que permitió conocer y analizar el estado en el que se encuentran las pequeñas y medianas empresas textiles.

Se analizaron los resultados a partir de los tres pilares fundamentales de la filosofía Lean planteada por (Ohno, 1991), Kaizen, Jidoka y Just in Time; además, se presenta un análisis de la metodología de Six Sigma, que si bien no forma parte de Lean, se articula sustancialmente con la mejora de la calidad.

Una vez levantada la información se estructuró el documento, que quedó dividido de la siguiente manera: seguido a la introducción se presenta la síntesis conceptual. Después la metodología para realizar la recolección de información en las pymes textiles del departamento de Cundinamarca. Luego, el análisis de resultados de la investigación. Por último, las conclusiones y referencias bibliográficas.

■ Síntesis conceptual

Con frecuencia, las empresas emplean diferentes técnicas y herramientas para mejorar la calidad y la productividad en sus procesos de fabricación buscando la ventaja competitiva (Choomlucksana, Ongsaranakorn & Suksbai, 2015), esto entregando los productos adecuados en el lugar correcto y cumpliendo con la entrega a tiempo (Azizi & Manoharan, 2015). Los procesos de producción existentes a menudo se basan en la filosofía de mejora continua de la gestión Lean (Enke et al., 2018) para mejorar la productividad de sus procesos de fabricación y mantener su competitividad frente a las demás empresas (Mohd-Rohani & Mojib-Zahraee, 2015).

El trabajo de Shingo (1993) es un aporte de gran relevancia para la solución de las necesidades de la industria y es uno de los métodos utilizados por los fabricantes en todo el mundo para mejorar su competitividad (Kumar, Vaishya & Parag, 2018). *Lean manufacturing* ha sido implementado por las organizaciones de fabricación para lograr excelencia operativa (Garza-Reyes & Kumar, 2014) a través de la promoción de la cultura de mejora continua dentro de una empresa (Brasco-Pampanelli, Found &

Moura-Bernardes, 2017). La filosofía se enfoca en la eliminación de todos los tipos de desechos dentro de un sistema de producción, facilita que las pymes sean más competitivas a través de una mejor utilización de recursos (Gandhi et al., 2017). Permite obtener beneficios como el incremento de la calidad, la satisfacción del cliente, la seguridad del sistema de fabricación, la eficiencia, motivación y la reducción del tiempo de entrega, del inventario, de los costos (Valentín & Anca, 2018).

La administración bajo la filosofía Lean incluye un conjunto de herramientas que permiten a las compañías recibir fuertes beneficios cuando se implementan adecuadamente (Oliveira, Sá & Fernandes, 2017). Entre estas Kaizen, 5s, Heijunka, Kanban, SMED (cambio de matriz en un dígito de minuto), TPM (mantenimiento productivo total), Jidoka, VSM (mapas de flujo de valor), Andon (control visual), KPI's (indicadores clave de desempeño), Poka Yoke y Six Sigma. Las herramientas son de fácil aplicación, involucran a toda la organización y aseguran el compromiso de todos, son una forma de empoderar a los colaboradores y hacer visibles los resultados de su trabajo (Oliveira et al., 2017). Estas han ayudado a las empresas fabricantes en la mejora de procesos productivos, cumpliendo con los objetivos organizacionales tradicionales y contemporáneos evaluando variables como la rentabilidad, eficiencia, calidad y atención al cliente (Garza-Reyes et al., 2018).

El **mapa de flujo de valor (VSM)** es una visión del negocio donde se muestra el flujo de material e información desde el proveedor hasta el cliente. Representar en el papel de una manera sencilla todas las actividades necesarias para conseguir un producto (Rajadell & Sánchez, 2010). El VSM permite identificar actividades que no aportan valor al negocio a fin de eliminarlas y poder ser más eficientes (Rajadell & Sánchez, 2010). Tiene como beneficio mostrar una relación entre los tiempos de valor agregado y los tiempos de espera (Villaseñor & Galindo, 2007). Permite documentar, visualizar y comprender los flujos de material e información en los procesos, con el fin de identificar y eliminar los desechos (Nash & Poling, 2008). Además, mediante la identificación de métricas y métodos adecuados, es posible desarrollar el mapeo de flujo de valor sostenible, evaluando el desempeño ambiental y la sostenibilidad social de una línea de fabricación (Faulkner & Badurdeen, 2014).

Los **indicadores clave de desempeño (KPI's)** es la herramienta ideal para controlar los procesos dentro de

las empresas, basándose en el apropiado seguimiento y control del desempeño de las variables que los integran (Ríos, 2014). Los KPI's permiten controlar el cambio de variables fundamentales de los procesos productivos como tiempos de parada de maquinaria, de producción, de mantenimiento preventivo y correctivo, que están reflejados en la productividad y en la efectividad global de los equipos (Mora, 2012; Stricker, Micali, Dornfeld & Lanza, 2017). Es posible integrar los indicadores con *Lean manufacturing* buscando evaluar los procesos de fabricación y así lograr mejora continua (Helleno, Isaias de Moraes & Tadeu-Simon, 2017); sin embargo, deben establecerse indicadores adecuados para saber el estado de las operaciones y procesos de cualquier sistema productivo.

El **Kanban** es un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (Hernández & Vizán, 2013). Es la herramienta indicada para controlar la información y regular el transporte de materiales en el sistema de producción; Kanban se refiere al uso de tarjetas para el control de inventarios en los procesos "Pull" (Villaseñor & Galindo, 2007). Es la herramienta principal para asegurar la alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento indicado (Hernández & Vizán, 2013). Al implementar Kanban se presentan beneficios como la reducción de la sobreproducción y reducción de inventarios, incremento de la certidumbre sobre el Lead Time (Socconini, 2008).

El **Heijunka** es un conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de clientes, en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo permitiendo el flujo continuo de la producción (Hernández & Vizán, 2013). Esta herramienta permite nivelar la producción al ritmo de la demanda del cliente final (Socconini, 2008), evitando lotes y teniendo un inventario mínimo, con bajos costos y tiempos de entrega reducidos (Villaseñor & Galindo, 2007). Para implementar Heijunka, es necesario que el sistema Kanban esté maduro y se requiere mayor precisión en la planeación de la producción a fines de evitar inventarios excesivos (Socconini, 2008).

El **Andon** o control visual es un conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema (Hernández & Vizán, 2013). Busca capacitar a los trabajadores para que administren su propio espacio de trabajo reduciendo errores y desperdicios (Oliveira et al., 2017) y permite notificar problemas de calidad o

paros en el sistema productivo. Se emplea básicamente para mejorar la calidad, reducir los costos, mejorar los tiempos de respuesta, aumentar la seguridad y mejorar la comunicación a través de la identificación de los problemas (Socconini, 2008).

El **SMED** (o *single minute exchange of die*, por sus siglas en inglés), significa cambio de herramientas en un solo dígito de minuto (Socconini, 2008). Es un conjunto de procesos empleados para la disminución de los tiempos de preparación de equipos, herramientas y materiales durante los cambios de ciclo (Hernández & Vizán, 2013). Esta técnica permite la reducción del tiempo de entrega, la disminución de los inventarios, el aumento de la productividad, las ganancias y los resultados globales de las empresas (Oliveira et al., 2017). Otros efectos que pueden obtenerse con la aplicación del SMED son la mejora de la calidad, la seguridad, los costos, la actitud de los trabajadores (Shingo, 1993). Es la herramienta adecuada para incrementar la flexibilidad de los procesos de fabricación y lograr la competitividad empresarial.

Los dispositivos **Poka Yoke** son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en defectos, permiten a los trabajadores la concentración en las actividades que deben desempeñar (Socconini, 2008). Son usados como una técnica para conseguir cero defectos, mejorando la calidad del producto y del proceso. Comúnmente, se usan como dispositivos para evitar los defectos al 100%, aunque se cometan errores durante la producción (Rajadell & Sánchez, 2010). La implementación de los dispositivos Poka Yoke permiten asegurar la calidad en los procesos, eliminar o reducir la probabilidad de errores y defectos inadvertidos, evitar la ocurrencia de accidentes causados por distracción humana, liberar la mente del trabajador y desarrollar su creatividad (Socconini, 2008; Villaseñor & Galindo, 2007).

El **mantenimiento productivo total (TPM)** es un conjunto de múltiples acciones de mantenimiento que persigue la eliminación de pérdidas por tiempos de parada de las máquinas (Hernández & Vizán, 2013), asegurando la disponibilidad de las máquinas y equipos para realizar la producción (Villaseñor & Galindo, 2007). Permite ver la efectividad total del equipo (OEE) enfocada a seis grandes pérdidas por los equipos, i) por fallas de equipos, ii) por ajustes causados por cambios en las condiciones en las operaciones, iii) por paros menores, iv) por pérdida de la velocidad, v) por defectos de calidad y retrabajos

y vi) por reducción de eficiencia, la cual es causada por el mal uso de la materia prima (Villaseñor & Galindo, 2007). Cuando se implementa el TPM es posible mejorar la productividad y la calidad, reducir desperdicios y costos operativos (Gitlow, Melnyck & Levine, 2015), ya que al aumentar la disponibilidad de los equipos la productividad incrementa, y al contar con equipos más precisos para producir partes con menos variación, se mejora la calidad (Socconini, 2008). Con ayuda del TPM es posible maximizar la eficacia del equipo y de las instalaciones, eliminando o reduciendo los tiempos muertos causados por averías, preparaciones o ajustes (Rajadell & Sánchez, 2010).

El **análisis del modo y efecto de falla (Amfe)** es una herramienta que permite identificar las fallas en los productos y procesos, y evaluar objetivamente sus causas, consecuencias y elementos de detección para evitar su ocurrencia (Socconini, 2008). Evalúa equipos y herramientas durante la fase de diseño o de producción, para mejorar la productividad, la confiabilidad y la robustez de la maquinaria (Álvarez, 2015; Villaseñor & Galindo, 2007). Para aplicar el Amfe, deben analizarse las fallas que puedan ocurrir en elementos críticos del proceso, como fallas que afecten gravemente la salud de los colaboradores, que pongan en riesgo la calidad de los productos o que puedan detener la operación afectando los tiempos de entrega (Socconini, 2008).

Six Sigma es una metodología que dispone de métodos y técnicas estadísticas para la mejora continua en la gestión industrial y de negocios (Hernández & Vizán, 2013). Puede usarse como una métrica para medir un proceso y compararlo con otro, para así reducir la variación en la producción buscando el liderazgo en los negocios con el máximo desempeño (Jacobs & Chase, 2013; Socconini, 2008). Con su implementación se busca asegurar la calidad de cada puesto de trabajo y mejorar significativamente la calidad de los productos y servicios (Socconini, 2008). Además, es posible obtener diferentes beneficios organizacionales como la reducción del tiempo de ciclo, de inventarios, de costos unitarios, así como el incremento del flujo del proceso, de la productividad, de la calidad, de la confiabilidad y la comunicación proporcionando un lenguaje común para todos (Gitlow et al., 2015).

Una vez definida la síntesis conceptual que soporta la investigación, se procedió a estudiar el comportamiento de las mismas en las pymes textiles de Cundinamarca, a fin de poder realizar la caracterización de los procesos pro-

ductivos y su alineación con las herramientas que forman parte de la filosofía Lean.

■ Metodología

Para caracterizar los procesos productivos de las pymes textiles del departamento de Cundinamarca, se planteó una investigación del tipo descriptivo, no experimental, transaccional de campo. Para llevarla a cabo, se hizo inicialmente una revisión de literatura utilizando, como referente, los términos: procesos productivos, herramientas Lean, Kaizen, Jidoka, Just in Time.

Revisados los aspectos teóricos, se procedió a construir el instrumento de recolección de información (cuestionario), el cual quedó conformado por 24 preguntas, las cuales fueron formuladas considerando el trabajo de Villaseñor y Galindo (2007), quienes establecieron un cuestionario para la verificación y evaluación de los procesos de producción a partir de los requerimientos de diferentes herramientas que abarca Lean (Villaseñor & Galindo, 2007). Los autores establecieron cuatro opciones de respuesta para cada pregunta, mostrando diferentes niveles en los que puede encontrarse el sistema de producción para cada uno de los aspectos a evaluar. Esto desde un estado desfavorable (1) en el que no se ha aplicado o se aplica muy poco las herramientas, hasta un estado completamente favorable (4) en el que se aplica en un 100% la herramienta. Existen dos estados intermedios (3 y 4) en los que se aplican parcialmente las herramientas Lean.

Dado que el instrumento se estructuró con la propuesta de los autores mencionados, no fue necesario realizar la validez y confiabilidad del mismo a través del juicio de expertos y aplicación del alfa de Cronbach, sino que se procedió a su aplicación utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia; puesto que de acuerdo con Otzen (2017) se permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos, ello fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

La aplicación del instrumento de recolección de información se hizo de forma virtual, empleando un formulario Google para la tabulación de los datos. Se realizó acercamiento a las empresas a través de correo electrónico, vía telefónica y de forma presencial, contactando de forma directa a representantes legales, gerentes, directores,

coordinadores e ingenieros de procesos de las empresas participantes; ello con el propósito de asegurar que quien respondiera la encuesta tuviera una visión global del funcionamiento de su empresa y, a su vez, se redujera el sesgo de la información recolectada.

En cuanto a la estructura del instrumento, las preguntas 1 a 5 se utilizaron para recabar información general sobre el conocimiento presente en las pymes acerca de las herramientas Lean, las variables y las barreras para la implantación de la filosofía. Las preguntas desde la 6 hasta la 15 permitieron la caracterización de los aspectos relacionados con la filosofía de Kaizen. Desde las preguntas 16 a la 18 se utilizaron para caracterizar el sistema Just in Time. A partir de las preguntas 19 hasta la 23 se caracterizaron los aspectos relacionados con el Jidoka. Por último, con la pregunta 24 se caracterizó el nivel de aplicación de la filosofía Six Sigma. La estructura del instrumento con las preguntas utilizadas se muestra en la tabla 1.

Se seleccionaron para el estudio las pequeñas y medianas empresas textiles del departamento de Cundinamarca. En este orden de ideas, de acuerdo con la Cámara de Comercio de Bogotá (2018), en Cundinamarca y Bogotá existen 292.986 empresas dedicadas a diferentes razones sociales. Y 8.665 están relacionadas con el sector textil, tanto en la fabricación como en la comercialización de productos. Del total de empresas, 3.268 se dedican a la fabricación de productos textiles. De estas, 3.236 están comprendidas entre micro, pequeñas y medianas empresas. Pese al tamaño de la población, se pudo trabajar solo con una muestra de 31 empresas, que decidieron participar en el estudio y diligentemente contestaron el instrumento.

■ Resultados y análisis

Características de la manufactura esbelta en las pymes textiles del departamento

Se indagó si los encuestados conocían el modelo de *Lean manufacturing* (figura 1), y se obtuvo que solo el 26% de los participantes conocían el modelo de producción o por lo menos habían escuchado hablar al respecto. El 74% no conocía el modelo, lo que refleja inicialmente que en las pymes textiles se tiende a desconocer herramientas de esta índole para la mejora de los procesos de fabricación. Esto no quiere decir que en las empresas no se apliquen herramientas del modelo de producción Toyota, a pesar de que muchos de los encuestados no conocen

Tabla 1. Estructura del instrumento

VARIABLE	DIMENSIONES	PREGUNTA	ÍTEM	
Filosofía Lean	Información general	¿Conoce lo que es <i>Lean manufacturing</i> (modelo Toyota)?	P1	
		¿En su empresa se ha aplicado <i>Lean manufacturing</i> ?	P2	
		Maque con una equis (X) las siguientes herramientas que sabe se han aplicado en su empresa.	P3	
		Marque con una equis (X) las variables que considera importantes estudiar en el sistema productivo de su empresa.	P4	
		Maque con una equis (X) las siguientes barreras que impiden la aplicación del sistema de producción Lean (LPS) en su empresa.	P5	
	Kaizen		Seleccione una de las alternativas de acuerdo con su percepción respecto a la clasificación de los elementos útiles e inútiles en la planta de producción:	P6
			Seleccione una de las alternativas de acuerdo con su percepción respecto al orden dentro de la planta de producción:	P7
			Seleccione una de las alternativas de acuerdo con su percepción respecto a la limpieza dentro de la planta de producción:	P8
			Seleccione una de las alternativas de acuerdo con su percepción respecto a la estandarización de la cultura de limpieza y aseo dentro de la planta de producción:	P9
			Seleccione una de las alternativas de acuerdo con su percepción respecto a la disciplina para mantener la limpieza y el aseo dentro de la planta de producción:	P10
			Seleccione una de las alternativas de acuerdo con su conocimiento respecto al mapa de proceso de la empresa:	P11
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre los desperdicios que se generan dentro del sistema de producción:	P12
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre el tipo de sistema de producción que se utiliza en su empresa:	P13
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre el flujo y entrega de materiales que se realiza en el sistema productivo:	P14
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre la existencia de indicadores clave de desempeño (KPI's) en la empresa donde labora:	P15
	Just in Time		Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre la existencia de mecanismos de control de la producción:	P16
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre el manejo y control de inventarios que se realiza en la planta:	P17
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre la programación y las metas de producción:	P18
	Jidoka		Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre la existencia de indicadores visuales:	P19
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre los tiempos de cambio de ciclo (SMED):	P20
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre el uso de dispositivos para evitar errores no intencionados (Poka Yoke) en la planta de producción:	P21
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre los planes de mantenimiento productivo total (TPM) en la planta de producción:	P22
			Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento sobre el análisis del modo y efecto de falla (AmeF) en la planta de producción:	P23
	Six Sigma		Seleccione una de las siguientes alternativas de acuerdo con su conocimiento respecto a la medición, análisis y control de los procesos de producción:	P24

detalladamente el modelo, saben que sus subordinados en diferentes áreas de la empresa la han aplicado.

De acuerdo con la figura 2, en el 35% de las pymes se han aplicado herramientas Lean, y en el 65% no se ha aplicado

ninguna herramienta para la mejora de los procesos productivos. Esto según el conocimiento de los encuestados respecto al modelo de producción Toyota, dado que en apartados siguientes se mostrará el nivel en el que se aplica la filosofía.

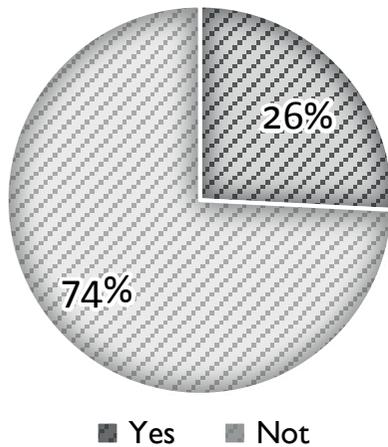


Figura 1. Conocimiento de las pymes sobre *Lean manufacturing*

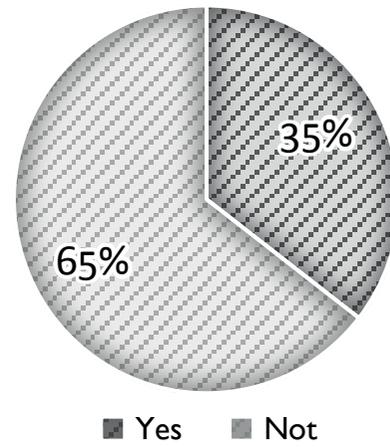


Figura 2. Porcentaje de aplicación de Lean en las pymes

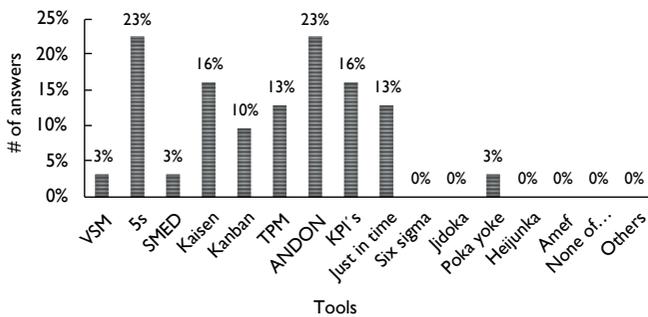


Figura 3. Herramientas Lean que se han aplicado en las pymes.

En la figura 3 se ilustran las herramientas que se han aplicado en los procesos productivos de las pymes textiles del departamento. Las herramientas de las 5s y el Andon se han aplicado en el 23% de las empresas. Herramientas como Kaizen y los KPI's son aplicadas en el 16%. En el 13% de las empresas, se aplican planes de mantenimiento productivo total y de justo a tiempo. La herramienta del Kanban se ha estudiado en el 10% de las empresas. Los mapas de flujo de valor (VSM), el SMED y el uso de Poka Yoke son aplicados solo en el 3%. Por último, herramientas como Six Sigma, Jidoka, Heijunka y Amfe, no se aplican. De acuerdo con las cifras, puede decirse que existe una preferencia por el uso de las 5s y el control visual, lo que refleja que los problemas en las pequeñas y medianas empresas textiles de departamento están asociados al orden, aseo y control de la producción, por lo que ya se están realizando esfuerzos para solucionarlo.

Si bien todas las variables de estudio de los procesos productivos son consideradas relevantes para las pymes (figura 4), el control de la eficiencia es la variable que más relevancia tiene; para el 100% de las empresas es muy importante hacer uso adecuado de sus recursos,

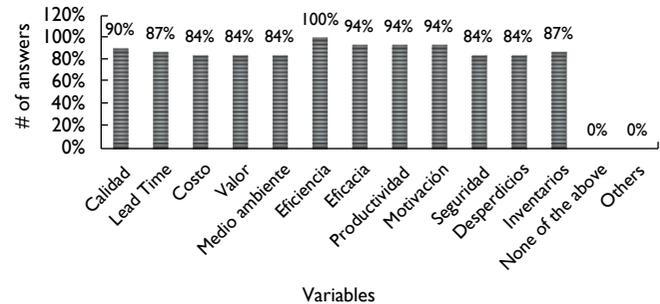


Figura 4. Variables consideradas en los procesos productivos de las pymes.

personal, materia prima, maquinarias y equipos. Para estas empresas es primordial analizar todas las variables, pero se desconoce si en realidad se hace control a las mismas, por lo que más adelante se pretenderá establecer de forma intrínseca si se realiza o no control a estas variables con ayuda de las herramientas Lean.

Las barreras que dificultan la aplicación de las herramientas Lean en las pymes se categorizaron en ocho, consideradas relevantes de acuerdo con los trabajos de (Garza-Reyes et al., 2018; Salonitis & Tsinopoulos, 2016; Sieckmann, Nguyen-Ngoc, Helm & Kohl, 2018). Los resultados obtenidos de las barreras se ilustran en la figura 5.

Para el 81% de las empresas encuestadas, la falta de conocimiento acerca de las herramientas Lean es una barrera que dificulta su aplicación, esto considerando que no todos conocen la totalidad de las herramientas, para qué sirven, cómo aplicarlas y cómo pueden mejorar los procesos productivos de textiles. La falta de recursos económicos para la inversión es otra barrera importante para el 74% de las pymes; esto se debe a que no todas las pymes conocen en su totalidad las herramientas Lean, cómo

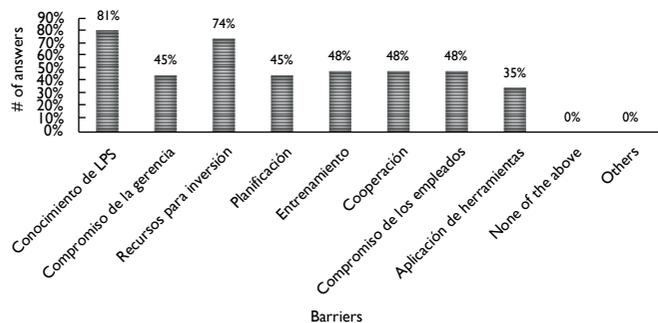


Figura 5. Barreras que impiden la aplicación de Lean.

funcionan y los beneficios que pueden aportar para la fabricación textil, ya que la aplicación de las herramientas no requiere grandes inversiones. Para el 48% de las empresas, la falta de entrenamiento, cooperación y compromiso de los empleados dificultan la aplicación de las herramientas. Por otra parte, para el 35% de las pymes, la barrera que cobra menos relevancia es la aplicación incorrecta de las herramientas Lean, lo cual puede estar causado por el desconocimiento de ellas, descartando esta barrera al momento de responder el cuestionario.

Características de los procesos productivos respecto a la filosofía Kaizen

Las figuras 6 a 15 representan los resultados obtenidos en cuanto al grado de aplicación de la filosofía Kaizen en las pymes textiles del departamento de Cundinamarca. Se presentan los diferentes niveles de aplicación en los que se encuentran las empresas textiles respecto a cada una de las herramientas relacionadas con esta filosofía. En las figuras 6 a 10 se presentan los resultados encontrados respecto a la aplicación de la herramienta de las 5s (**Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke**) dentro de los procesos productivos en las pymes, el análisis se presenta por cada “s”.

En la figura 6 se observa el resultado a la pregunta relacionada con la clasificación de los elementos considerados útiles e inútiles en la planta de producción (**Seiri**), de lo que se obtuvo que en el 10% de las pymes no se realiza una clasificación de los elementos útiles e inútiles, en las plantas de producción no se distingue entre lo que forma parte del sistema productivo y lo que no (1). En el 22% de las empresas se realiza una clasificación de elementos útiles e inútiles, pero los inútiles siempre están presentes en el sistema de producción, no se toman medidas para eliminarlos del sistema productivo (2). En el 58% de las empresas se realiza clasificación y se presentan pocos

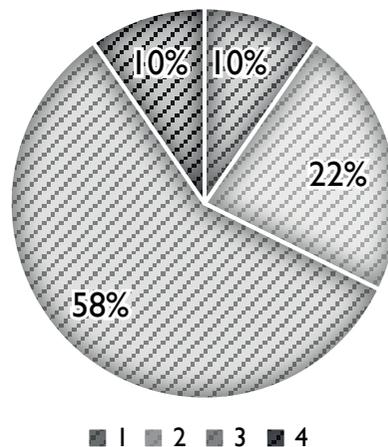


Figura 6. Clasificación de los elementos útiles e inútiles.

elementos considerados inútiles, se hacen esfuerzos por mantener en la planta solo aquellos elementos necesarios para fabricar (3). En el 10% de las pymes siempre están presentes solo los elementos que forman parte del sistema de producción. De acuerdo con las cifras anteriores, puede decirse que en las pymes textiles se realizan esfuerzos por mantener dentro de sus procesos de fabricación solo elementos productivos, pero aún es necesario seguir trabajando para que no se presenten elementos que no formen parte de sistema, como accesorios personales.

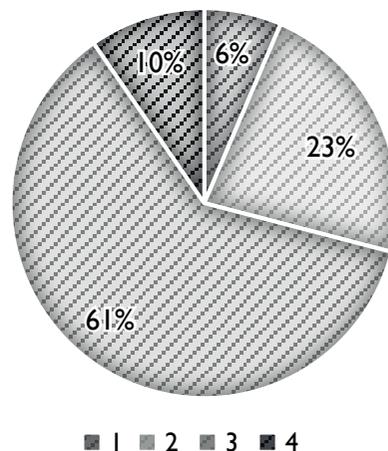


Figura 7. Orden en los procesos productivos.

La pregunta realizada respecto al orden en los procesos productivos (**Seiton**) se ilustra en la figura 7, donde el 6% de las pymes manifiestan que la planta de producción suele estar desordenada y que no se dispone de espacios específicos para el almacenamiento de materiales, herramientas y equipos (1). El 23% indica que se dispone de espacios específicos para el almacenamiento de materiales, herramientas y equipos, pero no se mantiene el orden

en la planta (2). En el 61% de las pymes, en la planta se dispone de espacios específicos para el almacenamiento de materiales, herramientas y equipos, la planta suele estar ordenada a lo largo de cada jornada de trabajo (3). El 10% manifiesta que el orden en la planta es perfecto, es fácil encontrar los materiales, herramientas y equipos necesarios para realizar la producción (4). En términos generales, las pymes textiles del departamento de Cundinamarca promueven el orden dentro de sus procesos de fabricación; sin embargo, es necesario seguir trabajando para mantener este aspecto de la herramienta de las 5s en un estado considerado Lean.

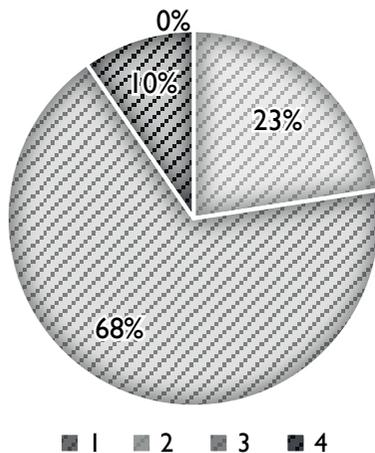


Figura 8. Limpieza en los procesos productivos.

En la figura 8 se presentan los resultados obtenidos respecto a la limpieza de los procesos productivos (**Seiso**). En el 23% de las empresas, la planta de producción suele estar limpia al iniciar la producción, pero a lo largo de la jornada no se mantiene puesto que no hay quién realice la limpieza (2). En el 68%, la planta suele estar limpia durante la jornada, los empleados intentan mantener limpios sus espacios de trabajo, pero en determinados horarios no es posible hacerlo debido a la dinámica de la operación (3). En el 10%, la planta siempre permanece limpia y todos los empleados tienen la cultura de asear sus espacios de trabajo cada vez que sea necesario. En cuanto al estado menos favorable (1), en el cual la planta suele estar sucia durante toda la jornada, existen desperdicios de materiales en todas partes y no hay quién mantenga aseado el área de producción, no se presentaron respuestas por ninguna de las empresas participantes. Se evidencia que las pymes textiles del departamento hacen esfuerzos importantes para mantener limpio sus procesos de fabricación; existe alto grado de participación de los empleados por mantener este aspecto en un estado Lean, lo

cual, si se desarrolla con mayor participación por quienes dirigen las empresas, puede convertirse en una ventaja competitiva frente al entorno globalizado (esto afecta indirectamente la motivación de los empleados).

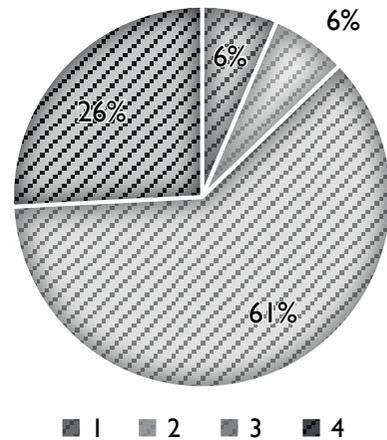


Figura 9. Estandarización de la cultura de limpieza y aseo.

En la figura 9 se ilustran los resultados de la pregunta realizada respecto a la estandarización (**Seiketsu**) de la cultura de los empleados para hacer las actividades de orden y aseo. En el 6% de las pymes no existen especificaciones para los empleados sobre cómo y cuándo deben hacerse las actividades de orden y aseo en el sistema de fabricación, y los empleados se encargan solo de las actividades netamente operativas del proceso de fabricación (1). En el 6% existen procedimientos definidos para los empleados sobre cómo y cuándo deben hacerse las actividades de orden y aseo dentro de la planta, pero los empleados los desconocen totalmente (2). En el 61% existen procedimientos definidos para los empleados sobre cómo y cuándo deben hacerse las actividades de orden y aseo dentro de la planta, se han realizado esfuerzos para capacitar a los empleados, pero no se hace seguimiento (3). En el 26% existen procedimientos claramente definidos y documentados sobre cómo y cuándo deben hacerse las actividades de orden y aseo, todos los empleados han recibido capacitación al respecto y se realiza seguimiento periódicamente (4).

De acuerdo con las cifras anteriormente expuestas, es posible decir que en las pymes textiles del departamento de Cundinamarca se realizan esfuerzos importantes para mantener estandarizada la cultura de orden y aseo en sus procesos productivos; sin embargo, es necesario establecer un modelo que permita a la totalidad de las empresas alcanzar y mantener un estado óptimo (4) respecto a la estandarización (**Seiketsu**).

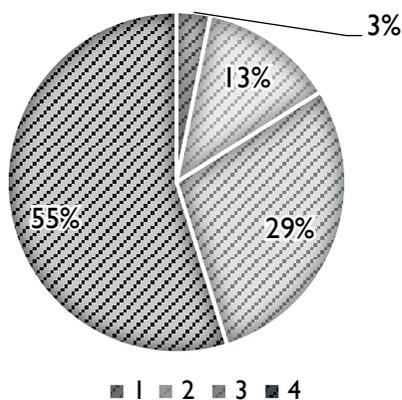


Figura 10. Disciplina para mantener la limpieza y el aseo.

En la figura 10 se presentan los resultados respecto a la disciplina (**Shitsuke**) para mantener la limpieza y el orden dentro de los procesos productivos. En el 3% de las empresas, los empleados son desordenados o no limpian sus espacios de trabajo, esto se debe a la falta de procedimientos definidos por la empresa sobre cómo y cuándo deben realizarse las actividades de orden y aseo (1). En el 13%, los empleados son desordenados o no limpian sus espacios de trabajo a pesar de que existen procedimientos definidos sobre cómo y cuándo deben realizarse las actividades de orden y aseo, hay carencia de disciplina de los empleados para dar cumplimiento a los procedimientos establecidos (2). En el 29%, los empleados mantienen el orden y la limpieza de sus espacios de trabajo de forma autónoma, esto a pesar de la falta de procedimientos definidos por la empresa; los empleados presentan una cultura propia sobre el orden y aseo (3). En el 55%, los empleados mantienen el orden y limpieza de sus espacios de trabajo de forma autónoma cumpliendo con los procedimientos definidos por la empresa (4). Es posible decir que gran parte de los empleados de las pymes textiles disponen de disciplina para mantener el orden y aseo en los procesos de fabricación; sin embargo, es necesario fortalecer la disciplina a partir del establecimiento de procedimiento claramente definidos para ellos. Esto permitirá alcanzar un estado considerado Lean, cual puede ser una gran ventaja competitiva para estas empresas.

En la figura 11 se ilustran los resultados obtenidos en cuanto a la aplicación de mapas de proceso. En el 58% de las empresas se encontró que no existe mapa de procesos (1). En el 35% existe mapa de proceso actual, pero no se hace el mapa futuro, por lo que suele estar desactualizado (2). En el 3% existe mapa de proceso actual y se realiza actualización para el mapa futuro, pero no se implementa (3). En el 3% se tiene mapa de proceso actual,

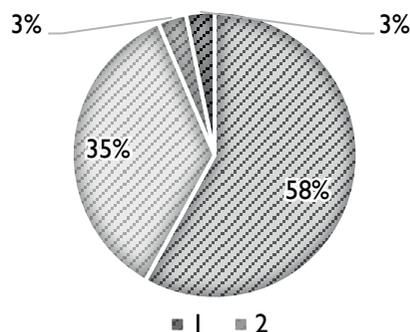


Figura 11. Existencia del mapa de proceso.

se construye e implementa el mapa de proceso futuro en la empresa y se está actualizando anualmente (4). Las pymes textiles del departamento poco documentan los procesos de producción, lo que sugiere que las actividades de producción se realizan por experiencia y conocimiento de los jefes de producción y empleados. Es necesario hacer esfuerzos para que las empresas documenten sus procesos, para que así puedan medir, controlar y mejorar las entradas y salidas de estos.

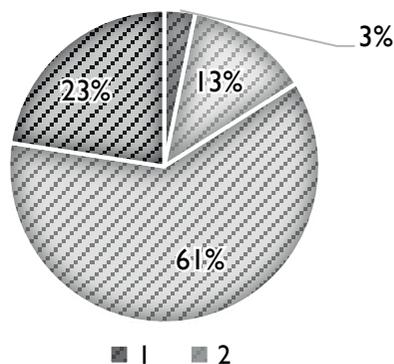


Figura 12. Control de desperdicios.

En la figura 12 se ven los resultados obtenidos en cuanto al control de los desperdicios que se generan dentro de los procesos productivos. En el 3% no existe control de desperdicios o son excesivos en todas las áreas del sistema de fabricación (1). En el 13% existen métodos que permiten a los trabajadores reducir los desperdicios, pero estos son elevados en todas las áreas, los métodos aplicados no son lo suficientemente efectivos para controlarlos (2). En el 61% existen métodos que permiten a los trabajadores reducir los desperdicios, y estos son normalmente bajos en todas las áreas del sistema de producción (3). En el 25% restante, existen métodos que permiten a los trabajadores reducir los desperdicios y los niveles de desperdicio son bajos, la eliminación de estos es una rutina normal en el sistema de producción (4). En términos generales, para las pymes textiles es muy importante

controlar los desperdicios que se generan durante la producción; sin embargo, es necesario establecer estrategias para que la totalidad de las empresas controlen de manera adecuada los desperdicios de producción, transformando este factor en ventaja competitiva.

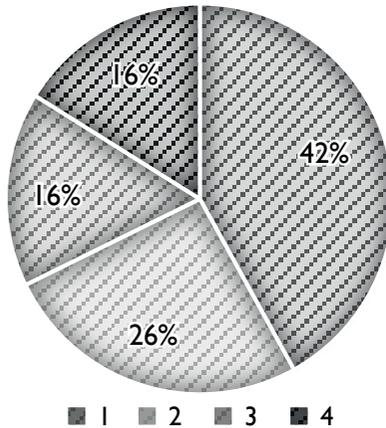


Figura 13. Tipo de sistema de producción.

Los resultados obtenidos sobre los tipos de procesos de producción se ilustran en la figura 13. En el 42% de las empresas se agrupa la producción en pequeñas cantidades de productos idénticos y de forma limitada, se hace una producción por lotes (1). En el 26%, la producción es realizada de forma independiente por tipo de proceso para aprovechar la capacidad de los equipos, se hace en islas solitarias (2). En el 16%, la producción es organizada por productos de acuerdo con la secuencia de los procesos, se produce en línea (3). En el 16%, la producción es realizada por familias de productos en subáreas específicas en la planta de producción de acuerdo con la demanda, es decir, por células de manufactura (4). De acuerdo con las cifras, a las pymes textiles les falta camino por recorrer para poder llegar a un estado considerado Lean, ya que la mayor parte, el 84% de las empresas, dispone de procesos productivos que no se ajustan en la totalidad a un pensamiento esbelto.

En la figura 14 se ilustran los resultados obtenidos respecto al flujo y entrega de materiales que se realiza en los procesos productivos, de lo cual se obtuvo que en el 3% se emplean láminas y carretas para el transporte de material sin control alguno (1). En el 10% el material se entrega sin control en cajas o no hay rutas de surtido definidas (2). En el 65%, el material se entrega por uso diario a través de rutas de surtido definidas, pero no se lleva registro de este (3). En el 23% restante, el material se entrega por sistema, se surte varias veces al día con una ruta definida y

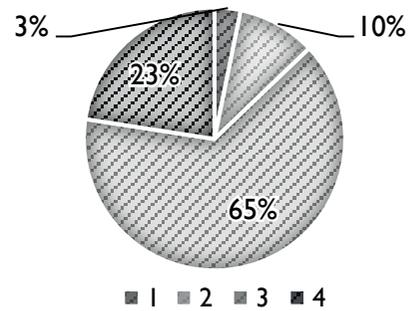


Figura 14. Flujo y entrega de materiales.

horarios preestablecidos (4). Existe un bajo control al flujo y entrega de materiales al sistema productivo, por lo que las pymes textiles del departamento requieren mejorar sus métodos de control y entrega de materiales para poder alcanzar un estado de operación considerado Lean.

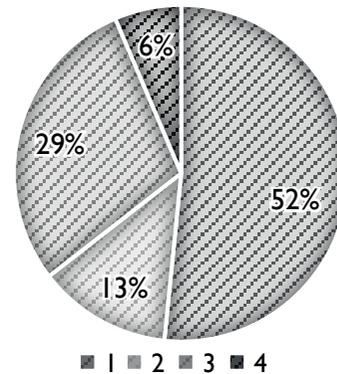


Figura 15. Existencia de indicadores de desempeño.

En la figura 15 se presentan los resultados sobre la existencia de indicadores clave para medir el desempeño (KPI's). En el 52% de las pymes no existen indicadores para medir el desempeño de los empleados o procesos en términos de calidad y tiempo (1). En el 13% existen indicadores para medir el desempeño de los empleados o procesos, pero solo se encuentran documentados, no se aplican (2). En el 29% existen indicadores para medir el desempeño de los empleados o procesos, se hace seguimiento periódico a los indicadores, pero no existe un programa de incentivos para los empleados. Por último, en el 6% existen indicadores para medir el desempeño de los empleados y procesos, se hace seguimiento periódico a los indicadores y existen programas de incentivos. De acuerdo con las cifras anteriores, las pymes textiles están lejos de alcanzar la excelencia en la aplicación de KPI's, solo una pequeña fracción (6%) se encuentra en el estado considerado Lean, por lo que es necesario promover el uso de KPI's para así controlar el rendimiento de los procesos y mejorar la motivación de los empleados.

Características de los procesos productivos respecto a la filosofía del Just in Time

Las figuras 16, 17 y 18 ilustran los resultados obtenidos en cuanto al grado de aplicación de la filosofía del Just in Time en las pymes textiles del departamento de Cundinamarca, en donde se presentan los diferentes niveles de aplicación de cada una de las herramientas relacionadas con esta filosofía en los que se encuentran las empresas, esto de acuerdo con la metodología aplicada.

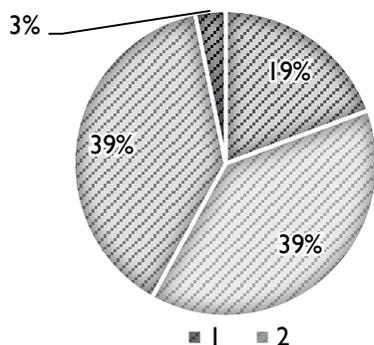


Figura 16. Mecanismos de control de la producción.

En la figura 16 se ilustran los resultados sobre la existencia de mecanismos para el control de la producción. En el 19%, los encuestados manifiestan que desconocen el ritmo de producción y el Takt Time (1). En el 39%, el ritmo de producción es conocido, pero el Takt Time no es alcanzado en cada lote de producción (2). En el 39%, el ritmo de producción es conocido y el Takt Time alcanzado en cada lote, pero no se evalúa el ritmo de producción (3). En el 3% restante, el ritmo de producción es conocido y el Takt Time es alcanzado en cada lote, se evalúa constantemente el ritmo en cada lote fabricado (4). Las pymes textiles del departamento tienden a conocer el ritmo con el que producen, pero no realizan control, por lo que se les dificulta mantenerse dentro del Takt Time, requieren mecanismos para controlar la producción y así alcanzar el Takt Time.

En la figura 17 se ilustran el manejo y el control de inventario que se realiza. En el 10% no se hace control sobre el inventario, se desconocen los niveles de inventario y no se dispone de espacios definidos para el almacenamiento (1). En el 19% se tienen espacios definidos para el almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado, pero no se hace control sobre el inventario y se desconocen los niveles existentes (2). En el 65% existen espacios claramente definidos para el almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado; existe un sistema de control de

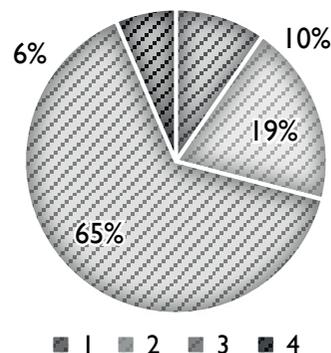


Figura 17. Manejo y control de inventarios.

inventarios definido, pero no aplica de forma disciplinada; la información que se tiene sobre los niveles de inventarios no siempre es exacta (3). Y en el 6% restante existen espacios claramente definidos para el almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado; se realiza control del inventario periódicamente y es posible saber con exactitud los niveles de inventario de materia prima, producto en proceso y producto terminado (4). Existe una importante oportunidad de mejora en el control de inventario en las pequeñas y medianas empresas textiles del departamento, la cual podría ser alcanzada si se aplican herramientas Lean como Kanban y Heijunka, las cuales, de acuerdo con la literatura, han mostrado ser útiles para el adecuado control de inventario de materia prima, producto en proceso y producto terminado: esto podría conllevar una gran ventaja competitiva ante el entorno globalizado.

En la figura 18 se presentan los resultados respecto a la programación y las metas de producción que plantean. En el 10% de las empresas no se hace programación de la producción ni se plantean metas, todo lo que es fabricado debe venderse (1). En el 16% se realiza programación de la producción y se plantean metas para ello, pero todo lo que es producido debe venderse, no se planea sobre la demanda (2). Y en el 74% se realiza programación de

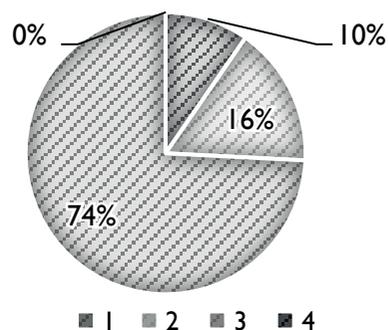


Figura 18. Programación y metas de producción.

la producción de acuerdo con la demanda del cliente, por lo que existen metas claramente definidas. Respecto a la alternativa (4) se considera ideal en cuanto a la filosofía Lean, donde debe hacerse programación de la producción de acuerdo con la demanda del cliente, existir metas claramente definidas, conocer cuándo debe iniciarse y terminar cada lote, las operaciones, el personal y la maquinaria que se empleara para cada lote, no se encontraron empresas que estuvieran en este nivel. Esto evidencia que este tipo de empresas al ser pequeñas y medianas tienden a ajustar su producción de acuerdo con la demanda del cliente, lo que es considerado una fortaleza importante para ser competitivas, al no estar sometida a la incertidumbre de grandes volúmenes de demanda, se les facilita programar la producción y establecer metas a partir de los requerimientos del cliente.

Características de los procesos productivos respecto con el Jidoka

Las figuras 19, 20, 21, 22 y 23 representan los resultados obtenidos en cuanto al grado de aplicación de la filosofía del Jidoka en las pymes textiles del departamento de Cundinamarca, en donde se presentan los diferentes niveles de aplicación de cada una de las herramientas Lean en los que se encuentran.

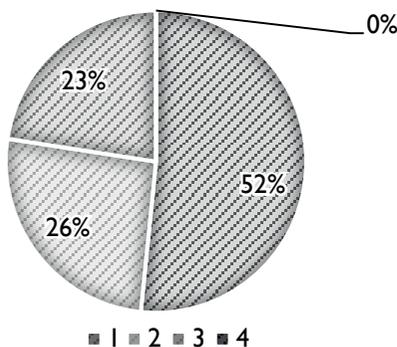


Figura 19. Existencia de indicadores visuales.

En la figura 19 se ilustra la existencia de indicadores visuales o Andon en los procesos de fabricación. En el 52% de las empresas no existen indicadores visuales en ninguna de las áreas de la planta de producción (1). En el 26% existen indicadores visuales en alguna de las áreas de la planta, pero no están actualizados (2). En el 23% de las pymes restantes, existen indicadores visuales estandarizados por área y están actualizados (3). En cuanto a la alternativa (4) considerada Lean, en la que deben existir indicadores visuales por área, estandarizados y en donde los operadores son los responsables de esta información,

no se presentó respuesta por ninguna de las pymes participantes. Se evidencia que existe un bajo nivel de aplicación de indicadores visuales en la producción de este tipo de empresas, lo que es una oportunidad importante para identificar errores de producción e incrementar los niveles de calidad en la fabricación textil a partir de la aplicación de esta herramienta Lean.

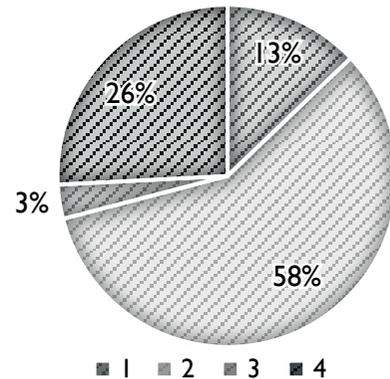


Figura 20. Control de los tiempos de cambio de ciclo.

En la figura 20 se presentan los resultados sobre el grado de aplicación de la herramienta SMED. En el 13% los tiempos de cambio de ciclo duran más de 60 minutos (1). En el 58% los tiempos de cambio de ciclo son entre 10 y 60 minutos (2). En el 3% los tiempos de cambio de ciclo duran menos de 10 minutos (3). Y en el 26% los tiempos de cambio de ciclo están dentro del ritmo en que los productos deben ser fabricados o Takt Time (4). Las pymes textiles del departamento de Cundinamarca realizan un bajo control a los tiempos de cambio de ciclo, no están dentro de un estado considerado Lean. Es necesario establecer estrategias para mejorar este aspecto dentro de los procesos productivos de las pymes textiles y así generar ventaja competitiva con los tiempos de respuesta ante los clientes.

En la figura 21 se ilustran los resultados sobre el uso de dispositivos Poka Yoke dentro de los procesos productivos. De acuerdo con la figura, en el 84% no se aplica o no se tiene conocimiento de esta disciplina (1). En el 10% existen algunos dispositivos implementados en el sistema de producción (2). Y en el 6% restante, el personal está involucrado con esta disciplina, los Poka Yoke se implementan y documentan cada vez que sea necesario. En cuanto a la alternativa considerada Lean (4), donde el Poka Yoke es una rutina de mejora continua en los equipos y los problemas de calidad no ocurren, no se presentó respuesta por ninguna de las empresas participantes.

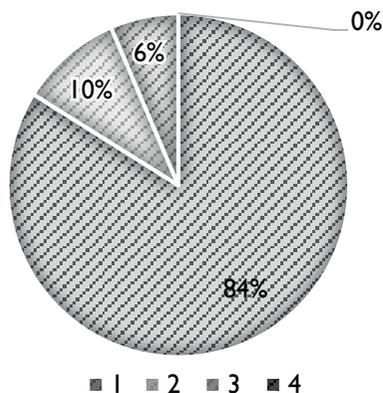


Figura 21. Uso de dispositivos Poka Yoke.

En términos generales, las pymes textiles del departamento de Cundinamarca tienden a desconocer los dispositivos Poka Yoke, los cuales son prácticos para evitar el error humano dentro de la producción. Existe una oportunidad de mejora en el uso de estos dispositivos para prevenir errores de calidad dentro de los procesos de fabricación, aplicarlos puede ser muy beneficioso para dar cumplimiento a las expectativas de calidad de los clientes.

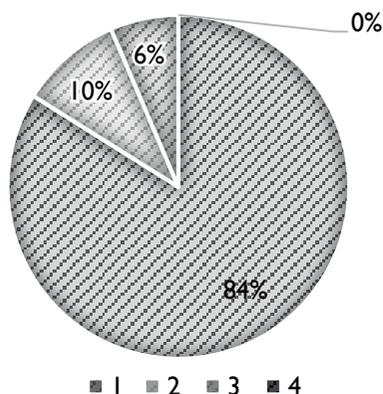


Figura 22. Planes de mantenimiento productivo total (TPM).

De acuerdo con la figura 22, en donde se encuentran los resultados sobre la existencia de planes de mantenimiento productivo, en el 23% de las empresas existen paros por fallas en las máquinas y equipos, no se lleva control eficiencia global de producción (1). En el 58% solo se realizan trabajos de mantenimiento preventivo (2). Y en el 19%, el mantenimiento preventivo es programado y hecho a tiempo de forma autónoma. En cuanto a la alternativa considerada Lean (4), en donde el mantenimiento preventivo es programado, hecho a tiempo de forma autónoma y se lleva control sobre la eficiencia global de la producción (OEE), no se presentaron respuestas por ninguna de las empresas participantes. Las empresas no se encuentran en un estado considerado Lean, el mantenimiento a la

maquinaria y equipos es un proceso que se tiende a descuidar, lo que dificulta la competitividad de estas empresas. Las pymes presentan incertidumbre en la disponibilidad de maquinaria y equipos, lo que podría conllevar incumplimiento de la demanda del cliente.

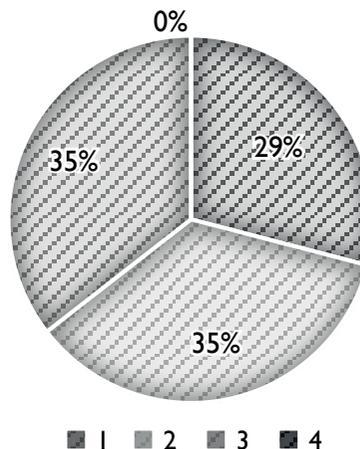


Figura 23. Análisis del modo y efecto de falla (Amef).

En la figura 23 se ilustran los resultados respecto al Amfe. Puede decirse que en el 29% no se reconocen las fallas existentes en el sistema de producción (1). En el 35% se reconocen las fallas potenciales y sus posibles efectos en el sistema de producción, pero no se establecen acciones para poder eliminarlas o reducir la probabilidad de ocurrencia (2). Y en el 35% restante de las empresas se reconocen y evalúan las fallas potenciales y sus posibles efectos en el sistema de producción, asimismo se identifican acciones para la eliminación o reducción de la probabilidad de falla. En cuanto a la alternativa considerada Lean (4), en la que se deben reconocer y evaluar las fallas potenciales y sus posibles efectos en el sistema de producción, identificar acciones para la eliminación o reducción de la probabilidad de falla y documentar todo lo aprendido durante el análisis de las fallas, no se encontraron empresas que cumplieran con dichas características. Si bien el Amfe es una herramienta cualitativa para el análisis de fallas, su aplicación en este tipo de empresas es considerada una oportunidad para el incremento de la competitividad, dado que a partir de su aplicación es posible identificar y solucionar problemas que afecten directa o indirectamente la fabricación de productos textiles.

Características de los procesos productivos respecto a la aplicación de Six Sigma

Los resultados obtenidos respecto a la aplicación de la filosofía de Six Sigma en las pequeñas y medianas empresas

textileras en el departamento de Cundinamarca, se ilustran en la figura 24. Si bien esta herramienta no es considerada Lean por algunos autores, se decidió estudiarla puesto que es considerada de gran importancia para la mejora de los niveles de calidad en la producción textil, lo cual es uno de sus pilares.

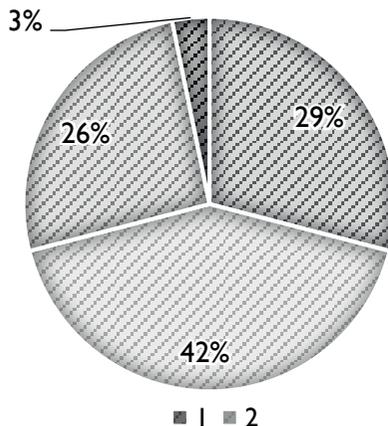


Figura 24. Medición, análisis y control de los procesos de producción.

De acuerdo con la figura 24, en el 29% de las empresas no se identifican los procesos de producción que presentan oportunidades de mejora, ni se miden las variables de entrada y salida de estos (1). En el 42% se identifican los procesos de producción que presentan oportunidades de mejora y se realiza medición a las variables de entrada y salida de estos; sin embargo, no se analizan los procesos ni se establecen mejoras a los mismos (2). En el 26% se identifican los procesos de producción que presentan oportunidades de mejora, se hace medición y análisis a las variables de entrada y salida de los procesos; se establecen e implementan cambios para la mejora de los procesos (3). Y en el 3% de las empresas restantes se identifican los procesos de producción que presentan oportunidades de mejora, se realiza medición y análisis a las variables de entrada y salida; se establecen e implementan cambios para la mejora de los procesos y se hace control a los cambios implementados en el proceso. En términos generales, muy pocas pymes desarrollan actividades bajo un enfoque de Six Sigma, el 71% de las empresas no establecen e implementan mejoras para los procesos de fabricación textil; esto considerado una oportunidad de mejora para que las pymes mejoren su competitividad a partir de la utilización de la metodología Six Sigma, la cual puede afectar de manera positiva los niveles de calidad del producto y del proceso llegando a niveles mínimos de defectos.

Conclusiones

Una vez aplicado el instrumento a las 31 pymes textiles del departamento de Cundinamarca, es posible inferir que en general se desconoce la filosofía de *Lean manufacturing*, por lo que se ha aplicado en baja medida para fortalecer los procesos de producción; sin embargo, esto no implica que no se estén desarrollando esfuerzos para alcanzar la excelencia operacional.

Asimismo, es posible inferir también, a la luz de los resultados obtenidos, que las pymes encuestadas tienen claro que deben controlar las variables de sus procesos productivos, principalmente la eficiencia para administrar de manera adecuada sus recursos; sin embargo, desconocen cómo hacerlo y esta falta de conocimiento sobre la filosofía Lean, se transforma en una barrera que requieren superar para lograr la excelencia operacional en los procesos de fabricación.

Es de destacar también que las pymes textiles consultadas del departamento de Cundinamarca, no presentan una estabilidad en sus procesos productivos, debido a que se evidencia un bajo nivel de documentación de los procesos, lo que dificulta el análisis y mejora de los procesos productivos textiles.

Igualmente, en las pymes textiles consultadas se pudo evidenciar que existe una tendencia a producir de acuerdo con los requerimientos de la demanda, pero no se suele trabajar bajo un sistema Just in Time, puesto que existe descontrol en la producción, en el manejo de materiales, producto en proceso y producto terminado, lo que dificulta que las empresas puedan operar alcanzando el Tatk Time requerido.

Con la caracterización realizada es posible afirmar que al menos para las 31 empresas pymes textiles encuestadas, es necesario que establezcan una columna sólida para cumplir con los requerimientos de calidad exigido por sus clientes, la cual podría involucrar la aplicación de herramientas como el Andon, los dispositivos Poka Yoke y el Amfe. Además, deben mejorar los tiempos de cambio de ciclo y establecer planes de mantenimiento productivo total, ello con el propósito de alcanzar el Tatk Time haciendo uso eficiente de los equipos de producción.

En cuanto al uso o aplicación de la filosofía Six Sigma, se evidenció que las pequeñas y medianas empresas textiles

consultadas requieren estudiar a fondo sus procesos de producción, analizar las entradas y salidas de los mismos y establecer medidas para mejorar la calidad en los procesos de fabricación. Esto no solo involucrando Six Sigma, sino también teniendo en cuenta las demás herramientas Lean consideradas en el presente estudio, con un complemento para estabilizar y estandarizar los procesos productivos.

Cada uno de los aspectos evaluados permite inferir la necesidad de trabajar en futuras investigaciones en formular y proponer estrategias para apoyar a las pymes textiles a mejorar sus niveles de productividad, incorporando herramientas Lean en sus procesos productivos; gracias a que estas herramientas han dado excelentes resultados a grandes corporaciones a nivel mundial que las han utilizado y las siguen utilizando.

■ Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Militar Nueva Granada y a la Vicerrectoría de Investigaciones por el apoyo para la realización de la presente investigación.

■ Referencias

- Álvarez, M. (2015). *Análisis modal de fallos y efectos - AMFE: ejecución paso a paso integrando técnicas de creatividad*. UK: Createspace Independent Pub.
- Azizi, A., & Manoharan, T. (2015). Designing a future value stream mapping to reduce Lead Time using SMED-A case study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153-158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.027>
- Brasco-Pampanelli, A., Found, P., & Moura-Bernardes, A. (2017). A Lean & Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2018). *Base de datos e información empresarial*. Obtenido de <https://www.ccb.org.co/Fortaleza-su-empresa/Temas-destacados/Formacion-Empresarial>.
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the productivity of sheet metal stamping sub-assembly area using the application of lean manufacturing principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102-107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Enke, J., Glass, R., Kreß, A., Hambach, J., Tisch, M., & Metternich, J. (2018). Industrie 4.0 – Competencies for a modern production system. *Procedia Manufacturing*, 23, 267-272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.028>
- Faulkner, W., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable value stream mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.042>
- Gandhi, N. S., Thanki, S. J., & Thakkar, J. J. (2017). Ranking of drivers for integrated Lean-Green Manufacturing for Indian manufacturing SMEs. *Journal of Cleaner Production*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.041>
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Hua-Tan, K. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 5346-5366. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Gitlow, H. S., Melnyck, R. J., & Levine, D. M. (2015). *A guide to Six Sigma and process improvement for practitioners and students* (second edition). Old Tappan, New Jersey: Pearson Education Ltd.
- Helleno, A. L., Isaias de Moraes, A. J., & Tadeu-Simon, A. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. *Journal of Cleaner Production*, 153, 405-416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.072>
- Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación* (E. E. Industrial, Ed.). Madrid: © Fundación EOI. Obtenido de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.
- Indrawati, S., & Ridwansyah, M. (2015). Manufacturing continuous improvement using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 4, 528-534. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.072>
- Irjayantia, M., & Mulyono, A. (2012). Barrier factors and potential solutions for Indonesian SMEs. *Procedia Economics and Finance*, 3-12. [http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671\(12\)00315-2](http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00315-2)
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2013). *Operational and supply chain management the core* (third edition). United States of America: MacGraw-Hill Irwin.
- Karam, A.-A., Liviu, M., Veres, C., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeovertime decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886-892. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.125>

- Kumar, M., Vaishya, R., & Parag. (2018). Real-Time monitoring system to Lean Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 20, 125-140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.019>
- Levy, M., & Powell, P. (1998). SME flexibility and the role of information systems. *Small Business Economics*, 11(2), 183-196. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007912714741>
- Moeuf, A., Tamayo, S., Lamouri, S., Pellerin, R., & Lelievre, A. (2016). Strengths and weaknesses of small and medium sized enterprises regarding the implementation of lean manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 071-076. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.552>
- Mohd-Rohani, J., & Mojib-Zahraee, S. (2015). Production line analysis via value stream mapping: A lean manufacturing process of color industry. *Procedia Manufacturing*, 2, 6-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>
- Mora, L. A. (2012). *Indicadores de la gestión logística* (segunda edición). Colombia: Ecoe Ediciones.
- Nash, M. A., & Poling, S. R. (2008). *Mapping the total value stream: A comprehensive guide for production and transactional processes*. Boca Ratón: Productivity Press.
- Ohno, T. (1991). *El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a escala*. (SAX traductores). Barcelona: Ediciones Gestión 2000, S.A.
- Oliveira, J., Sá, J., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Otzen, T. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal Morphol*, 227-232. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>.
- Popa, S., Soto, P., & Pérez, D. (2016). An investigation of the effect of electronic business on financial performance of Spanish manufacturing SMEs. *Technological Forecasting & Social Change*, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.012>
- Prieto-Herrera, J. E. (2009). *Investigación de mercados*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Obtenido de <http://ediciones.diazdesantos.es>.
- Ríos, R. G. (2014). *Seguimiento, medición, análisis y mejora en los sistemas de gestión* (tercera edición). Bogotá: Icontec-Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Salonitis, K., & Tsinopoulos, C. (2016). Drivers and barriers of Lean implementation in the greek manufacturing sector. *Procedia CIRP*, 57, 289-194. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.033>
- Savrul, M., Incekara, A., & Sener, S. (2014). The potential of e-commerce for SMEs in a globalizing business environment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150, 35-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.005>
- Shingo, S. (1993). *Una revolución en la producción: el sistema SMED* (tercera edición). Madrid: Centro Reprográfico Neptuno Marques de Cuba.
- Sieckmann, F., Nguyen-Ngoc, H., Helm, R., & Kohl, H. (2018). Implementation of lean production systems in small and medium-sized pharmaceutical enterprises. *Procedia Manufacturing*, 21, 814-821. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.188>
- Socconini, L. (2008). *Lean manufacturing paso a paso*. México: Norma Ediciones S.A. de C.V.
- Stricker, N., Micali, M., Dornfeld, D., & Lanza, G. (2017). Considering interdependencies of KPIs – Possible resource efficiency and effectiveness improvements. *Procedia Manufacturing*, 8, 300-307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.038>
- Tsai, W. H., & Chou, W. C. (2009). Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. *Expert Systems with Applications*, 36, 1444-1458. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2007.11.058>
- Valentin, M., & Anca, Ş. (2018). Lean manufacturing in SMEs in Romania. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 492-500. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.028>
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Conceptos y reglas de Lean manufacturing*. Balderas, México: Editorial Limusa S.A. de C.V.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Manual de Lean manufacturing. Guía básica*. Balderas, México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Zevallos, E. (2006). Obstáculos al desarrollo de las pequeñas y medianas empresas en América Latina. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 75-96.

Artículo de Investigación

Deformación de la participación y la democracia en la elección de los personeros estudiantiles

Deformation of participation and democracy in student representative elections

Deformação da participação e da democracia na eleição de representantes estudantis

Francy Julieth Quiceno Botero^{a*} | Héctor Mauricio Rojas Betancur^b | Andrea Hernández Quirama^c

^a <https://orcid.org/0000-0003-3718-8898> Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bucaramanga, Colombia

^b <http://orcid.org/0000-0003-0569-8236> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

^c <http://orcid.org/0000-0003-1955-0566> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2018-06-13
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-10-01
- **Fecha de aprobación:** 2019-10-16
<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.615>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Quiceno Botero, F. J., Rojas Betancur, H. M. & Hernández Quirama A. (2019). Deformación de la participación y la democracia en la elección de los personeros estudiantiles. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 78-85. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.615>

RESUMEN

El gobierno escolar es una actividad formal que se realiza anualmente en la educación básica de Colombia como estrategia pedagógica de formación y convivencia democrática con la participación de niños y adolescentes. Con el propósito central de analizar aspectos de la formación y participación democrática en la escuela, se hace una crítica al proceso de elección de personeros estudiantiles, actividad anual de participación democrática para toda la comunidad educativa, mostrando cómo pueden deformarse los ámbitos de participación y formación democrática, reproduciendo prácticas no adecuadas de la tradición política nacional y sus consecuencias para la formación ciudadana, desde un objetivo cualitativo realizado en instituciones de educación básica de la ciudad de Bucaramanga, Colombia, mediante análisis de contenido y procesos de observación. Se destaca, además, la importancia del involucramiento familiar en los procesos de formación ciudadana en diálogo con el sistema escolar.

Palabras clave: elección de personeros escolares, gobierno escolar, clientelismo, democracia escolar, participación y democracia en la escuela



SUMMARY

School governance is a formal activity implemented annually in basic education in Colombia as a pedagogical strategy for training and democratic coexistence with the participation of children and adolescents. With the central purpose of analyzing aspects of democratic education and participation in schools, a critique is presented relating to the election of student representatives -an annual activity of democratic participation for the entire educational community -, showing how the spheres of participation and democratic formation can be deformed, reproducing practices that are not appropriate to the national political tradition and its consequences for citizen education. This is done based on a qualitative evaluation conducted in basic education institutions in the city of Bucaramanga, Colombia, through content analysis and observation processes. It also highlights the importance of family involvement in the processes of citizen training in interaction with the school system.

Keywords: Election of school officials, school government, clientelism, school democracy, participation and democracy in schools

SUMÁRIO

O governo escolar é uma atividade formal realizada anualmente na educação básica da Colômbia como estratégia pedagógica de formação e convivência democrática com a participação de crianças e adolescentes. Com o objetivo central de analisar aspectos da formação e participação democrática na escola, é feita uma crítica ao processo de escolha dos representantes estudantis, atividade anual de participação democrática para toda a comunidade educativa, mostrando como as áreas de participação e formação democrática podem ser deformadas, reproduzindo práticas inadequadas da tradição política nacional e suas consequências para a formação cidadã, a partir de um objetivo qualitativo realizado nas instituições de ensino básico da cidade de Bucaramanga, Colômbia, através da análise de conteúdo e processos de observação. Destaca-se, também, a importância do envolvimento da família nos processos de formação cidadã em diálogo com o sistema escolar.

Palavras-chave: Eleição de representantes estudantis, governo da escola, clientelismo, democracia escolar, participação e democracia na escola

El gobierno escolar (GE) en la educación inicial en Colombia (Decreto 1860 de 1994, cap. IV), forma parte esencial del Proyecto Educativo Institucional (PEI), de las instituciones de educación oficial y convoca a toda la comunidad educativa para el desarrollo de las acciones democráticas y participativas consagradas en la Constitución Política de 1991, que por medio del sistema de educación se propone una pedagogía política para la formación ciudadana de niñas, niños y adolescentes (Ruiz, Nájnez & Capera, 2018). El GE, además de un ámbito formativo, es un dispositivo que promueve la participación para la convivencia democrática en la escuela, como establece la norma específica en Colombia (Ministerio de Educación Nacional, 1994), promoviendo la plena convivencia de la democracia en la comunidad educativa (Algara-Barrera, 2016).

El marco normativo del GE en Colombia, inicia con la Ley 115 de 1992, como desarrollo de los principios constitucionales que, sobre democracia, participación política y pedagogía política para todos los ciudadanos, consagró la propia Constitu-

ción Política. Antes de ello, es difícil encontrar antecedentes de participación de niñas, niños y adolescentes en el contexto de la formación básica y media (Viveros & Ramírez, 2013), aunque los antiguos rituales de la escuela como los actos cívicos y algunas formas de organización estudiantil, podrían considerarse parte de una insipiente educación y preparación para la ciudadanía (Correa, 2016). Sin embargo, la democracia escolar ha sido una vieja preocupación de investigadores, educadores y políticos en diferentes países y épocas, desde la masificación misma del sistema escolar (Davisson, 1884; French, 1898; Pascal, 1988).

El GE establecido formalmente en la década de los noventa, se compone del consejo directivo y el académico, la comisión de evaluación y promoción, el personero estudiantil, el consejo estudiantil, el comité de bienestar institucional, el consejo disciplinario, el consejo de profesores y la asociación de padres de familia. Estas nueve instancias de gobierno en la escuela (Red de Liderazgo Educativo, 2018), funcionan usualmente más desde la práctica

ritualista para el cumplimiento de las normas (Estramiana, 2003), que como estructuras estables para una pedagogía política y una promoción de la convivencia democrática, al interior de la institución educativa (Vega, 2006).

De las organizaciones e instancias presentes en el GE, la función de personero estudiantil es particularmente interesante, puesto que con su elección se busca desde la praxis, la apropiación por parte de las niñas, los niños y adolescentes, las formas de participación democrática y el ejercicio público de funciones como representante de una comunidad estudiantil. La elección del personero es una actividad de gobernanza democrática que debe realizarse en los primeros 30 días del calendario escolar y está restringido a que sean los estudiantes del último grado que ofrece la institución, los que pueden postularse como candidatos, lo que obliga a profesores, directivos y padres de familia, especialmente a los profesores del área de ciencias sociales (Cubides, 2001), a realizar una serie de preparativos desde la convocatoria a los candidatos del último grado con que cuenta la institución, así como el proceso de socialización de propuesta de la elección (Ministerio de Educación Nacional, 1994).

La elección del personero forma parte esencial de la implementación de las políticas de GE en la escuela colombiana y es de carácter obligatorio en el sector de educación oficial. Si bien este carácter de obligatoriedad pretende mantener una constante agenda de pedagogía política en la escuela, pueden derivar en dos tipos de prácticas no deseables en el espíritu mismo de la posibilidad de participación política desde edades tempranas: por una parte, que se convierta solo en otra función más de la administración educativa que no está directamente en concordancia con los objetivos de aprendizaje y formación, simplemente que se realice como otra acción sin mucho sentido como muchas que se constituyen en rituales escolares.

Por otra parte, el ejercicio de la elección de personeros en la escuela puede convertirse en un síntoma de reproducción de las malas prácticas políticas al permitir e incluso promover por parte de profesores (Cárcamo, 2015), directivos y familias las prácticas clientelistas que en política se presentan en la sociedad general (Herazo & López, 2016). Si bien el propósito de la elección de personeros tiene un componente pedagógico que sirve como recurso para que los estudiantes aprendan a ser ciudadanos, además de promover la convivencia escolar y el cuidado y promoción de derechos y deberes, también se presentan prácticas que reproducen el peor escenario de la democracia cuando se corrompen los objetivos esen-

ciales de la forma de construcción de la participación política (Chaverri, 2009; Huerta, 2009).

■ Metodología

Este artículo es resultado de una investigación de enfoque cualitativo, realizada en instituciones de educación básica de la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Para su desarrollo se utilizó el análisis de contenido realizado con diferentes documentos y procesos escolares referentes al gobierno escolar, complementado con la observación de las diferentes etapas del proceso de organización, selección y elección de personeros escolares y se orientó en el análisis de injerencia parental y la injerencia de docentes y directivos en los procesos de ritualización de la elección del gobierno escolar como categorías centrales de estudio.

■ Prácticas ciudadanas y gobierno escolar

Un lugar común en el análisis político es la declaración de la indiferencia de las niñas, los niños y adolescentes en los temas políticos y en el vacío de legitimidad y el pasotismo juvenil por la institucionalidad (Greenstein, 1965; Rodríguez, 1988); sin embargo, un cambio de perspectiva sugiere que los escolares no son apáticos a la participación democrática, sino, más bien, que existe una gran ausencia de espacios significativos de participación y de realización de la ciudadanía juvenil (Correa, 2016; Reguillo, 2003). La escuela es el escenario social por excelencia para la realización democrática, es decir, no solo para la formación en ciudadanía para el futuro aunque es discutible el efecto de largo plazo de la formación para la democracia en la familia y la escuela (Kioussis, McDevitt & Wu, 2005), sino también para la plena realización y ejercicio de niñas, niños y adolescentes como parte de un sistema democrático (Grau, García & López, 2019).

Por otro lado, las normas y procedimientos que instauran la obligación y la posibilidad de formación y participación política en el sistema escolar, en el caso colombiano desde la Constitución Política de 1991, la Ley General de Educación de 1992 y el Decreto 1680 de 1994, no solo son muy recientes en términos históricos, sino, además, han sido implementadas en todos los niveles educativos e incorporadas de manera extensa en los Proyectos Educativos Institucionales (PEI) (Mosquera & Rodríguez, 2018).

La idea general del fomento de una cultura política, está sustentada en la idea de que una formación política desde los primeros años de escolaridad y la promoción de formas generales de participación entre las niñas, los niños y adolescentes, tendrá un efecto beneficioso en la ciudadanía en general, puesto que existe una formación del comportamiento en lo público que va a determinar desde las primeras etapas, incluyendo la formación primaria en la familia, la estructuración de la ciudadanía. La escuela sirve, entonces, como correa de transmisión y de expresión de la cultura (Bourdieu & Passeron, 2014) y ha sido una institución que históricamente ha servido a la propia estructuración de las formas sociales (Pascal, 1988).

En la implementación de los gobiernos escolares, así como en las cátedras que promueven la construcción de una subjetividad política desde los primeros años formales de educación, se presentan tensiones entre el pleno aprovechamiento de estos espacios para la construcción y el ejercicio de la democracia o el mero cumplimiento de unas normas que conllevan la deformación misma de la política y de la formación y participación democrática, que marcará a unos individuos en su trayecto y significados sobre el ser ciudadano en un país con graves problemas de convivencia y de corrupción en las esferas públicas y privadas (Leal & Dávila, 1990), legitimando una transmisión intergeneracional de reproducción de las malas prácticas políticas (Máiz, 2003).

La escuela de esta manera, puede constituirse en un nuevo dispositivo de transmisión de la corrupción, de los vicios políticos y del oportunismo que impera en una sociedad en permanente crisis de legitimidad de la institucionalidad (Díaz & Raimán, 2017). Por supuesto las instituciones educativas también han sido permeadas por la corrupción y el clientelismo, no es un fenómeno nuevo en el país (Cubillos, 1982; Duarte, 2003) y se da en los niveles administrativos y docentes, así como en los ámbitos locales y regionales (Herazo & López, 2016; Zapata, 2016); pero en el espacio del gobierno escolar, pueden instituirse las rutinas que en lo público conducen a la corrupción (Bognador, 1992), como el clientelismo, la transacción de favores y el intercambio de beneficios a cambio de ciertos comportamientos políticos (Pino & Cárdenas, 2016; Tahull, 2017).

■ El personero escolar: ¿deformación de la democracia?

En la escuela se presentan conflictos de diversa índole y existen herramientas tanto formales como los manuales

de convivencia y las distintas instancias del gobierno escolar, y no informales como la sanción social o moral, la exposición para la vergüenza y la violencia (Bonilla & Jaimes, 2017). En el ámbito del ejercicio de la elección y participación de personeros escolares, se pretende instaurar una instancia de representación entre los estudiantes, no solo para dirimir esos conflictos, sino además para desarrollar actividades desde la misma iniciativa estudiantil. Es decir, una instancia de ejercicio político donde se propone programas o acciones por parte de los candidatos, se realiza el ejercicio del voto universal y se concretan, o no, diferentes actividades.

La norma establece que aquellos estudiantes habilitados para la candidatura deben ser estudiantes del grado más alto que tiene la institución (Ministerio de Educación Nacional, 1994), respaldando el supuesto de que estos son los más preparados y encarnan cierta autoridad sobre sus compañeros de grados más bajos (Arzola, Loya & González, 2016). Entre sus funciones se encuentran organizar, vigilar y velar por el cumplimiento de los estatutos de la comunidad educativa y la promoción y garantía de los derechos y deberes de los estudiantes. Luego estos candidatos presentan sus propuestas a través de campañas políticas, y son elegidos en una jornada electoral que se desarrolla dentro de las instituciones educativas, donde participan los demás estudiantes por medio del voto para la elección de su representante estudiantil.

En el transcurso de las primeras semanas del calendario escolar, las instituciones deben organizar y promover la elección del personero para el mismo periodo del año escolar. Siendo estudiantes en situación de salida, se garantiza que no existe la posibilidad de reelección, sino que cada año debe realizarse de nuevo como estrategia de participación por rotación. Desde el ingreso, las niñas, los niños y adolescentes, participan anualmente de este proceso como electores que deben escuchar las propuestas de los candidatos, lo que constituye un ejercicio democrático periódico para los estudiantes.

Sin embargo, varios factores pueden contribuir a una deformación del modelo pedagógico y de las normas que promueven el ejercicio de elección de personeros. Es importante aclarar que buena parte de estas deformaciones pueden darse en el marco de los propios afanes y coyunturas propias del inicio del año escolar.

Estas fuentes de deformación se obtienen de las observaciones realizadas en diferentes escenarios escolares y con el apoyo de la escasa evidencia empírica en las investigaciones publicadas en el ámbito nacional (Correa, 2016):

Tabla 1. Fuentes de deformación en la elección de personas en el gobierno escolar

Categorías	Observación
Injerencia parental en la elección de personero estudiantil	Los padres animan a sus hijos a la candidatura y promueven prácticas de corrupción del electorado.
Injerencia de docentes y directivos	Los profesores y administrativos, por el afán de cumplir el requisito, acuden a prácticas clientelistas (favorecimiento de ciertos candidatos).
Ritualización de la elección	El proceso se realiza por el cumplimiento normativo, olvidando el trasfondo pedagógico.
Promoción solo de derechos	Los candidatos y electores, parcializan el ejercicio solo como espacio de derechos y como posibilidad de organizar actividades lúdicas.

Injerencia parental

- Los padres ven en la candidatura y elección una oportunidad de liderazgo con beneficios académicos para sus hijos.
- Los padres compran la votación a favor de sus hijos a través de publicidad, dulces, comida, obsequios en general y aumento de promesas de difícil cumplimiento.
- Los padres animan a sus hijos a realizar campañas sesgadas.

La familia es la primera línea de formación política de la niñez (Páez, 2015), de manera importante el comportamiento político y público se adquiere en este primer espacio de socialización (Chapham, 1982). La escuela de hecho, señala aquellas conductas no adecuadas entre las niñas, los niños y adolescentes como producto del proceso de formación en la familia y reclama la corresponsabilidad en la educación y en el cuidado de los estudiantes. Específicamente en el GE, la evidencia por observación sugiere que, en algunos casos, los padres y otros parientes son quienes más incentivan prácticas de corrupción y clientelismo entre los estudiantes candidatos a personeros, disponiendo los medios para que sus hijos compren el favor de elección de los compañeros a través de regalos y de promesas no realizables, de comida y dulces, de publicidad, tal como sucede en el sistema electoral.

Esta reproducción de las malas prácticas en la democracia, está vinculada a la búsqueda de liderazgo, del mal liderazgo, que quieren los padres para sus hijos y de un saldo de aprendizaje del oportunismo y compra de favores de manera clientelista, con pésimas perspectivas para el sistema social que espera ciudadanos honestos que no legitimen el juego de la corrupción (Díaz, 1986; Mantilla, 2013).

Injerencia de docentes y directivos

- Los profesores y directivos sesgan en favor de un candidato la elección.
- Minimizan las jornadas de preparación y elección para el cumplimiento simple de la norma.
- No dan continuidad al proceso de personería en el gobierno escolar el resto del año académico.

Además de la injerencia familiar, especialmente de los padres, una fuente más informal de malas prácticas en la formación política de los estudiantes, proviene precisamente de docentes y directivos. Las excesivas cargas normativas docentes, las costumbres administrativas y la manipulación de procesos formativos, desfiguran el GE y su funcionamiento. La elección de personeros es siempre una carga administrativa que recae en algunos profesores, quizá sin proponérselo, terminan sesgado la elección a cierto tipo de candidatos deseables como aquellos que observan las normas escolares y no representarán una fuente de conflictos en el año escolar: unas prácticas para que los más “juiciosos” o de mejor rendimiento académico se perfilen como candidatos, reproduciendo la exclusión como norma general.

Otro elemento encontrado es que la elección de personeros no pasa de ser una actividad más al principio del calendario académico, muy parecido con lo que sucede con los denominados *juegos interclases*, donde se realiza una gran ceremonia de inauguración deportiva, pero que, en la práctica, no promueve el deporte. El GE queda reducido a unas breves jornadas de campaña política y de elección, pero que muy poco incidirá en el GE, posteriormente.

Ritualización de la elección

- Los programas del personero se proveen desde la propia institución.
- La institución no solo provee programas, sino también las consignas y la orientación de las campañas bajo el precepto de mantener la disciplina.
- Los candidatos son seleccionados o participan bajo amenaza de afectación académica en diferentes asignaturas.

Vinculada a las anteriores observaciones sobre el sesgo inducido por profesores y directivos, la ritualización de la elección de personeros puede darse en muchas instituciones como un formato predeterminado, que poco invita a la participación significativa: las mismas promesas, las mismas consignas y los mismos pobres resultados al proveer a los candidatos del discurso estandarizado como proceso de GE. Esta ritualización provoca la apatía

y dramaturgia de un proceso que es necesario realizar, pero que no tiene ni el significado ni el efecto formativo ni de convivencia del GE.

Promoción solo de derechos

- La idea deformada, desde la selección de candidatos, de que el personero solo debe hablar y trabajar por los derechos (adquiridos y deseables) de sus compañeros, no por la promoción de los deberes.
- La construcción de programas sobre la idea generalizada de que los derechos se realizan solo en la esfera recreativa: paseos, fiestas, *Jean Day*, horas de descanso, libertad de uso de la tecnología, entre otras.
- La figura del personero pierde legitimidad, en tanto los estudiantes asumen que su poder de acción es muy limitado y dirigido por las directivas.

La idea generalizada de que la democracia y la participación política solo se refieren a la defensa, logro o mantenimiento de derechos, también es una idea que deforma los modelos de GE. Es posible que los estudiantes refuercen este grave problema social a través de las prácticas de elección de personeros, pues la percepción generalizada de que la participación política se realiza solo en reivindicación de derechos no de deberes, ni de cumplimiento de las normas establecidas, implica ciudadanos acostumbrados solo a recibir beneficios del sistema sin cumplir sus obligaciones ciudadanas.

Otro tipo de observaciones como fuentes de posibles deformaciones del ejercicio normado de elección de personeros estudiantiles hacen referencia, por ejemplo, a los sesgos de género que pueden ser inducidos desde los propios profesores o directivos; las intromisiones a favor de un tipo deseable comportamental de personeros y las tensiones generadas entre las normas y las posibilidades reales para la institución educativa en particular, dada la enorme diferencia entre los contextos sociales y económicos, rurales y urbanos, de edad y grado escolar (Díaz & Raimán, 2017) y los propios objetivos pedagógicos presentes en los PEI.

Es decir, la deformación del modelo de elección y gestión de la figura de personero escolar, tiene que ver especialmente con las condiciones contextuales en que se realiza la elección y el seguimiento de la gestión. En diferentes trabajos de investigación empírica se destaca que el alcance mismo del proceso solo se expresa en términos de elección (Munar, 2016), de una jornada democrática donde la democracia solo se realiza en el sufragio. Por otra parte, se señala la capacidad de otras instituciones

para promover la construcción de escenarios de participación de la comunidad educativa en términos políticos, aunque en la mayoría se ritualizan las prácticas y se reduce la democracia a un mero proceso instrumental electoral (Náñez & Capera, 2017).

Desde otras perspectivas, se establece que, si bien el proceso de elección de personeros es muy significativo para los estudiantes, no se tiene ningún tipo de continuidad en el mismo que permita realizar seguimiento al cumplimiento de los programas propuestos en las elecciones. Por otro lado, se encuentra evidencia de permeabilización de las elecciones escolares con prácticas de corrupción como compra de votos, distribución de favores, copia de los programas de otros candidatos y entrega promesas que no pueden cumplirse en el ámbito escolar y temporal (Pinzón-Tapias, 2010).

En las concepciones sobre política y participación electoral, los más jóvenes piensan que es un asunto de adultos que poco tiene que ver con sus propias vidas; además, hacen referencia a la política como ámbito de corrupción, pues, según estos, es un ejercicio de intereses particulares, de ahí la importancia de las instituciones educativas en la formación y el ejercicio de una ciudadanía activa, que a diferencia de la “política” es percibida como posibilidad de realización y de bienestar social (Roa, 2012).

Conclusiones

El gobierno escolar, como lo señala la citada ley, es un escenario de formación para la democracia. Por ello, todos los miembros de la comunidad educativa son competentes para participar en la dirección de las instituciones de educación y lo harán por medio de sus representantes en los órganos del gobierno escolar (Ministerio de Educación Nacional, 1994) creado para brindar un espacio a los estudiantes de las instituciones educativas de desarrollarse afectiva, social y moralmente mediante la participación activa y democrática de la toma de decisiones en la vida escolar. Se busca impulsar en los estudiantes actitudes que beneficien las escuelas, las familias y la comunidad en general, formándolos como ciudadanos cívicos y democráticos generadores de grandes cambios sociales donde prima el liderazgo, la autonomía, el cooperativismo como herramienta principal para el cumplimiento de los derechos y deberes.

El gobierno escolar es, además, una estrategia pedagógica para la formación de ciudadanos que, al ser incorporada en los proyectos educativos de las instituciones,

promueve el arraigo de los valores democráticos desde las primeras etapas de la escolarización considerando, además, el papel fundamental de la familia en la formación política de las niñas, los niños y adolescentes.

El objetivo principal de la creación del gobierno escolar es la formación y educación de la infancia y adolescencia en la participación democrática, para la generación de una verdadera transformación social; por ello, la importancia de la construcción e implementación de estrategias pedagógicas que permitan desde edades tempranas fomentar la curiosidad, la postura crítica y las ganas de participar en la democracia y la transformación social por parte de niñas, niños y adolescentes.

Existen, no obstante, deformaciones del modelo de gobierno escolar, especialmente en la elección de los personeros escolares. Las prácticas de corrupción y clientelismo en el modelo que pueden generarse desde la familia y escuela, solo reproducen a escala institucional los grandes problemas de cultura política en nuestro sistema social que pueden constituirse en sistemas de transmisión de la corrupción en lo público.

Las prácticas que deforman el modelo del gobierno escolar, incluyen los niveles de involucramiento de la comunidad educativa, reproduciendo algunos de los vicios presentes en el comportamiento político: compra de votos, oportunismo, intercambio de favores, apatía y ritualismo de las niñas, los niños y adolescentes en las instituciones educativas.

Esta reflexión llama la atención del sistema escolar para revitalizar las posibilidades de formación política para la democracia desde la escuela, especialmente involucrando a las familias, profesores y directivas, en el cuidado de las diferentes acciones para una mejor pedagogía política, no solo para el mejoramiento de la convivencia escolar, sino, además, para el logro de un proceso de formación y comportamiento político acorde con los principios del sistema democrático.

■ Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses. Este estudio no recibió financiación.

■ Referencias

Algara-Barrera, A. (2016). Los acuerdos del aula una estrategia de convivencia para fortalecer la democracia en la escuela primaria. *Ra Ximhai*, 12(3), 207-213. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=119004227&lang=es&s>.

- Arzola, D. M., Loya, C. G., & González, A. M. (2016). El trabajo directivo en educación primaria: liderazgo, procesos participativos y democracia escolar. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 7(12), 35-41. Recuperado de https://www.rediech.org/ojs/2017/index.php/ie_rediech/article/view/80.
- Bognador, V. (1992). *The Blackwell encyclopedia of political science*. Oxford: Blackwell.
- Bonilla, M., & Jaimes, S. (2017). Parches, pandillas y sistema educativo en Bucaramanga: el reto de la inclusión. *Revista Eleuthera*, (17), 31-51. <http://dx.doi.org/10.17151/eleu.2017.17.3>
- Bourdieu, P., & Passeron, J. C. (2014). *Los herederos. Los estudiantes y la cultura*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Cárcamo, H. (2015). La formación ciudadana en la escuela desde la mirada de los futuros profesores de primaria. *Política y Sociedad*, 52(3), 845-867. http://dx.doi.org/10.5209/rev_POSO.2015.v52.n3.46311
- Chapham, C. (1982). *Private patronage and public power*. London: FP.
- Chaverrí, I.A. (2009). Elementos conceptuales del clientelismo político y sus repercusiones en la democracia. *Revista Reflexiones*, 88(2), 27-36.
- Correa, F. (2016). *Cultura política y gobierno escolar en las instituciones educativas oficiales de la Comuna 1 del municipio de Socacha* (tesis). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Cubides, H. (2001). Gobierno escolar, cultura y conflicto político en la escuela. *Nómadas*, (15), 10-23.
- Cubillos, S.J. (1982). *El fenómeno del clientelismo en la educación* (tesis). Bogotá: Universidad de los Andes.
- Davisson, D. (1884). School government. *Educational Weekly*, 3(22), 4-6.
- Díaz, E. (1986). *El clientelismo en Colombia*. Bogotá: Ancora Editores.
- Díaz, E. M., & Raimán, D. P. (2017). Clientelismo y corrupción en contextos de baja estatalidad, una relación mutualista. *Revista de Sociología y Política*, 25(64), 73-98.
- Duarte, J. (2003). *Educación pública y clientelismo en Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Estramiana, J. L. (2003). *Fundamentos sociales del comportamiento humano*. Barcelona: Editorial UOC.
- French, C. W. (1898). School government. *The School Review*, 6(1), 35-44.
- Grau, R., García, L., & López, R. (2019). Percepciones sobre la escuela democrática en Argentina y España. *Educação e Pesquisa*, 45. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-4634201945188681>

- Greenstein, F. (1965). *Children and politics*. New Haven: Yale University Press.
- Herazo, L. Z., & López, H.V. (2016). Ciudadanía y democracia en Cartagena: entre la exclusión social y el clientelismo político. *Reflexión Política*, 18(36), 144-157.
- Huerta, J. E. (2009). Formación ciudadana y actitudes hacia la participación política en escuelas primarias del noreste de México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 14(40), 121-145.
- Kiousis, S., McDevitt, M., & Wu, X. (2005). The genesis of civic awareness: Agenda setting in political socialization. *Journal of Communication*, 55(4), 756-774.
- Leal, F., & Dávila, A. (1990). *Clientelismo en Colombia: el sistema político y su expresión regional*. Bogotá: Universidad Nacional, Tercer Mundo Editores.
- Máiz, R. (2003). Jama, caleta y camello: la corrupción como mecanismo de autorrefuerzo del clientelismo político. *Revista Mexicana de Sociología*, (1), 3-39.
- Mantilla, L. (2013). Al margen del poder y de la comunidad: la "cultura política" del clientelismo. *Espiral*, 20(56), 39-66.
- Ministerio de Educación Nacional. (1994). Decreto 1860 de 1994. *Diario Oficial* 41.473.
- Mosquera, C. E., & Rodríguez, M. N. (2018). Proyecto educativo como fundamento para pensar la subjetividad política desde la cultura escolar. *El Ágora USB*, 18(1), 255-267.
- Munar, Y. (2016). *Prácticas y saberes sobre ciudadanía en jóvenes escolares: una aproximación desde experiencias escolares y extraescolares con estudiantes de grado décimo del Colegio Francisco Javier Matiz* (tesis). Bogotá: Universidad Distrital.
- Ñáñez, J. J., & Capera, J. J. (2017). Participación política y gobierno escolar en las instituciones educativas de Ibagué. *Espacios Públicos*, (48), 151-171.
- Páez, R. M. (2015). Familia y escuela: una alianza necesaria en la gestión escolar. *Revista Iberoamericana de Educación*, (67), 159-180. <http://dx.doi.org/10.35362/rie670228>
- Pascal, C. (1988). Democratised primary school government: Policy in practice. *British Educational Research Journal*, (1), 17-29.
- Pino, J. F., & Cárdenas, J. A. (2016). Patronage: The incessant game of politicians and customers in the construction and reproduction of subnational democracy. *Reflexión Política*, 18(35), 58-70. <http://dx.doi.org/10.29375/01240781.2464>
- Pinzón-Tapias, I. (2010). *Concepciones y prácticas de participación y formación ciudadana a través de la figura del personero estudiantil: la experiencia de una institución educativa oficial de San Gil, Santander* (tesis). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Red de Liderazgo Educativo. (18 de 06 de 2018). Obtenido de <http://redlideres.fundacionexe.org.co>.
- Reguillo, R. (2003). *Ciudadanías juveniles en América Latina*. Viña del Mar, Chile: Última Década.
- Roa, B. (2012). Participación ciudadana: una mirada desde los jóvenes. *Docencia Universitaria*, 13(1), 87-103.
- Rodríguez, Á. (1988). Socialización política. En J. Seaone y A. Rodríguez, *Psicología política* (pp. 133-164). Madrid: Ediciones Pirámide.
- Ruiz, L.A., Ñáñez, J. J., & Capera, J. J. (2018). Experiencias locales de la formación ciudadana desde la infancia en las escuelas de Ibagué, Tolima (Colombia). *El Ágora USB*, 18(2), 527-543. <http://dx.doi.org/10.21500/165>
- Tahull, J. (2017). El fenómeno social del clientelismo en España. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 13(1), 93-111. <http://dx.doi.org/10.18004/riics>
- Vega, F. (17 de mayo de 2006). Gobierno escolar y mentalidad estudiantil. *Desde Abajo*.
- Viveros, F., & Ramírez, E. (2013). Estrategias de intervención a partir del principio de autogobierno escolar: Institución Educativa Bello Oriente, Medellín. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (38), 98-111.
- Zapata, E. (2016). Clientelismo político. Un concepto difuso pero útil para el análisis de la política local. *Estudios Políticos*, (49), 167-185. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.espo.n49a09>

Artículo de investigación

Diversidad genética en humanos mediante polimorfismos de inserción de *Alu* en la población de San Pelayo, Córdoba (Colombia)

Genetic diversity in humans through *Alu* insertion polymorphisms in the population of San Pelayo, Córdoba- Colombia

Diversidade genética em humanos através de polimorfismos de inserção de *Alu* na população de San Pelayo, Córdoba- Colombia

Enrique Pardo Pérez^{a,*} | Teodora Inés Cavadía Martínez^b | Andrea Estefanía Cruz Cantero^c

^a <http://orcid.org/0000-0002-6467-5790>

^b <http://orcid.org/0000-0002-3553-6046>

^c <http://orcid.org/0000-0001-5717-4712>

Universidad de Córdoba, Montería, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-03-10
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-10-21
- **Fecha de aprobación:** 2019-10-28
<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.845>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Pardo Pérez, E., Cavadía Martínez, T. I., & Cruz Cantero, A. E. (2019). Diversidad genética en humanos mediante polimorfismos de inserción de *Alu* en la población de San Pelayo, Córdoba (Colombia). *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 86-92. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.845>

RESUMEN

Esta investigación determinó la diversidad genética y la estructura poblacional en poblaciones humanas de San Pelayo, a partir de polimorfismo *Alu* humano. Las muestras se obtuvieron de adultos no emparentados. El ADN de cada muestra fue extraído mediante el kit de Promega, los marcadores se amplificaron mediante PCR y los amplificados fueron sometidos a electroforesis y visualizados en un transiluminador. Los loci resultaron polimórficos, las frecuencias alélicas mostraron valores heterogéneos. La prueba de Hardy Weinberg indicó que la población no estaba en equilibrio. También se detectó baja heterocigosidad y alto índice de fijación y los marcadores utilizados resultaron apropiados para la evaluación de la diversidad genética. La población presentó baja diversidad y alto nivel polimórfico.

Palabras clave: *Alu*, diversidad genética, polimorfismo, heterocigosidad



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: kikepardoperez@gmail.com

SUMMARY

This research determined the genetic diversity and population structure in human populations in San Pelayo, based on human *Alu* polymorphism. The samples were obtained from unrelated adults. The DNA of each sample was extracted using the PROMEGA kit, the markers were amplified by PCR and the amplified ones were subjected to electrophoresis and visualized in a transilluminator. The loci were polymorphic, the allelic frequencies showed heterogeneous values. The Hardy Weinberg test indicated that the population was not in equilibrium. Low heterozygosity and a high fixation index were also detected and the markers used were appropriate for the evaluation of genetic diversity. The population showed low diversity and a high polymorphic level.

Keywords: *Alu*, genetic diversity, polymorphism, heterozygosity

SUMÁRIO

Esta pesquisa determinou a diversidade genética e a estrutura populacional em populações humanas, em San Pelayo, a partir do polimorfismo *Alu* humano. As amostras foram obtidas de adultos não aparentados. O DNA de cada amostra foi extraído com o kit PROMEGA, os marcadores foram amplificados por PCR e submetidos a eletroforese e visualizados em um transiluminador. Os loci eram polimórficos, as frequências alélicas apresentaram valores heterogêneos. O teste de Hardy Weinberg indicou que a população não estava em equilíbrio. Também foram detectados uma baixa heterozigosidade e um alto índice de fixação e os marcadores utilizados foram adequados para a avaliação da diversidade genética. A população apresentou uma baixa diversidade e um alto nível polimórfico.

Palavras-chave: *Alu*, diversidade genética, polimorfismo, heterozigosidade

Los elementos móviles pueden constituir aproximadamente el 45% del genoma humano. Entre ellos el grupo más abundante lo compone la familia de elementos *Alu*. Las inserciones de *Alu* son marcadores bialélicos que se definen por la ausencia y presencia de unas secuencias de aproximadamente 300 pb, que con unas variaciones más o menos importantes derivan del gen 7SL RNA, el cual forma parte del complejo ribosomal por retrotransposición. Son especialmente interesantes en antropogénica por aparecer hace 65 millones de años y encontrarse con el origen y la expansión de los primates (Batzler & Deininger, 2002). La mayoría de las inserciones *Alu* son recientes, por lo que en general son polimórficas, pudiendo tomar diferentes valores de frecuencias en distintas poblaciones humanas (Stoneking et al., 1997). Es altamente improbable que la misma inserción *Alu* ocurra dos veces independientemente en el mismo lugar, por lo que se consideran eventos mutacionales únicos (Batzler & Deininger, 1994). A nivel mundial se han hecho diferentes reportes de los elementos *Alu* en diferentes poblaciones, Novick et al. (1998) comparó cinco inserciones *Alu* en treinta poblaciones de las cuales veinticuatro fueron del continente

americano y seis de otras partes del mundo, reportando que las relaciones entre las poblaciones tenían una correlación con la distribución geográfica dentro del continente americano, lo que confirma la sensibilidad con que los marcadores *Alu* permiten comparar y asociar poblaciones. En Colombia, factores geográficos, climáticos e históricos han contribuido a los patrones de variación genética humana vistos en la actualidad y a nivel mundial. Por ejemplo, los procesos de población asociados a la colonización, los periodos de aislamiento geográfico, la endogamia socialmente reforzada y la selección natural todos han afectado las frecuencias de alelos en ciertas poblaciones (Jorde, Bamshad & Rogers, 1998; Jorde & Wooding, 2004). Sin embargo, la actualidad de nuestra ascendencia común y el flujo continuo de genes entre los grupos humanos han limitado la diferenciación genética en nuestra especie (Jorde & Wooding, 2004).

Las poblaciones del Caribe colombiano se caracterizan por ser híbridas o mezcladas, se tiene un aporte genético particular de los diferentes grupos amerindios, indígenas, afrodescendientes y europeos llegados de España y

Portugal que conforman cada una de las poblaciones de Colombia (Gutiérrez, 1980). Tanto en Colombia como en el departamento de Córdoba se presenta un alto mestizaje y se desconoce su diversidad genética aún más en trabajos relacionados con los elementos *Alu*, con excepción del reporte de las estimaciones de mezclas genéticas por elementos *Alu* en poblaciones afrocolombianas y mestizas en Antioquia, donde se determinaron los procesos de mezclas que ocurren en las poblaciones de América Latina al examinar los perfiles genéticos de dos grupos étnicos de Antioquia (Gómez et al. 2010). En el municipio de San Pelayo hay un gran mestizaje, debido a la colonización de extranjeros españoles, mestizos, blancos y negros. Sin embargo, en este municipio ha aparecido en muchas generaciones el cruzamiento entre familias, lo que hay traído un problema que afecta como tal el deterioro de la diversidad genética en las próximas generaciones. Por lo tanto, en esta investigación se determinó la diversidad genética y la estructura poblacional en humanos de San Pelayo, utilizando cinco polimorfismos de inserción *Alu*.

■ Materiales y métodos

Área de estudio. Las 40 muestras fueron colectadas así: 20 en la subpoblación San-Pelayo Urbano (8° 57' 28" N, 75° 50' 15" O) y 20 en Sabana-Nueva (8° 58' 1" N, 75° 51' 0" W) en el departamento de Córdoba, Colombia.

Obtención de muestras. Las muestras requeridas para el análisis genético se obtuvieron de adultos voluntarios no emparentados entre sí, residentes estables de la población del estudio, desde al menos tres generaciones. Se recolectaron 2 ml de saliva por cada individuo en dos tubos eppendorf de 1,5 ml, después se adicionó solución de lisis celular 500 µl; los participantes en el estudio

firmaron el respectivo consentimiento informado. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en una cava con una temperatura de 4° C para ser trasladadas hasta el laboratorio de genética de la Universidad de Córdoba.

Aspectos éticos. Este trabajo cuenta con la aprobación del comité de ética para investigación en humanos de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Córdoba.

Extracción de ADN. Para la extracción de las 40 muestras de ADN se utilizó el kit de extracción y purificación de Wizard Genomic DNA Purification (Promega) y se siguieron las recomendaciones del fabricante sin modificaciones. La pureza y la concentración del ADN fue determinada utilizando 1 µL de la muestra en un espectrofotómetro Nanodrop 2000® (Thermo Scientific, Waltham, MA, EE. UU.) con relaciones de absorbancia A260/A280 nm y A260/A230 nm. La integridad del ADN se determinó de manera visual mediante electroforesis en geles de agarosa al 1.0%, con un voltaje de 120 V por 2 h en buffer TBE 1X (Tris-HCl 500 mM, ácido bórico 60 mM y EDTA 83 mM) y agente de tinción GelRed 1X. El gel se visualizó en un transiluminador Bio-Imagen System 312 nm, Neve Yamin, Israel.

Amplificación por PCR. Los cebadores *Alu*: *D1* (Batzer et al., 1995), *FXIII*, *APO* y *PV92* (Batzer et al., 1994) y *ACE* (Tired et al., 1992) se observan en la tabla 1, fueron amplificados mediante la técnica de la PCR.

La técnica de la PCR (tabla 2) se realizó en un volumen total de 25 µl que contenía 0,25 µl de Taq polimerasa (Thermo Scientific) (Uklam-EE. UU.), 1,25 µl de cada primer (*forward* y *reverse*), 0,5 µl de dNTPs a 10 mM /µl, 2,5 µl de *buffer* de reacción a 10X, 1,25 µl de MgCl₂, 5 µl de ADN y agua estéril hasta alcanzar el volumen final. La reacción de PCR se realizó en un termociclador Bioard T100 (Los Ángeles, EE. UU.) mediante la técnica PCR *Tochdown*.

Tabla 1. Características de las secuencias de los elementos *Alu*

Locus	LC	SF	Secuencia (5'- 3')	T°C	Tamaño del fragmento (pb)
ACE	17q23	Ya5	F: CTGGAGACCACTCCCATCCTTTCT R: GATGTGGCCATCACATTCTCAGAT	58	490/190
PV92	16q23.3	Ya5/Ya8	F: AACTGGGAAAATTTGAAGAGAAAGT R: TGAGTTCTCAACTCCTGTGTGTTAG	54	437-122
APO	11q23.3	Ya5	F: AAGTGCTGTAGGCCATTTAGATTAG R: AGTCTTCGATGACAGCGTATCAGA	52	443/129
FXIII	1q31-q32.1	Ya5	F: TCAACTCCATGAGATTTTCAGAAGT R: CTGGAAAAAATGTATTTCAGGTGAGT	56	700-410
D1	3q26.32	Yb8	F: TGCTGATGCCAGGGTTAGTAAA R: TTTCTGCTATGCTCTCCCTCTC	65	670/333

LC: localización cromosómica; SF: subfamilia, T °C: temperatura de hibridación

Tabla 2. Ciclos PCR realizados para la amplificación de 5 inserciones *Alu*

Temperatura	Tiempo	Número de ciclos
95°	1-3 min.	1
95°	30 seg.	
52°-65°	30 seg.	39
72°	1 min.	
72°	5-15 min.	1

Visualización y cuantificación del ADN. Los amplificados de la PCR fueron sometidos a electroforesis en gel de agarosa al 2%, a 100 voltios durante 40 minutos, estos resultados fueron visualizados bajo luz ultravioleta en una cámara de (Cleaver Scientific) (Londres, UK). Además, en el gel de agarosa se añadió un marcador de peso molecular de separación 500 pb, con el objeto de identificar el tamaño de las bandas de la PCR (figura 1).

Análisis estadístico. Para la determinación de los parámetros de diversidad genética: frecuencias alélicas, heterocigosidad observada y esperada, equilibrio de Hardy-Weinberg, y estadísticos F de Wright se utilizó el software GenAlex 6.502 (Peakall & Smouse, 2012).

Resultados

En la figura 1 se puede observar la electroforesis de 38 muestras para el cebador ACE (Pb 490/190), donde se

pueden observar homocigotos con la inserción: individuos 1,8, 13, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 30,31, 34, 35, heterocigotos: individuos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 14, 18, 19, 24, 26, 28 y homocigotos sin inserción: individuos 9, 10, 11, 23, 27, 32, 33.

En la tabla 3 se observan los valores de las frecuencias alélicas obtenidas para los marcadores *Alu*, en las dos subpoblaciones estudiadas, todos los loci analizados resultaron polimórficos. Al determinar las frecuencias alélicas para cada subpoblación (tabla 3) se obtuvo que para San Pelayo urbano y Sabana-Nueva, las inserciones DI, PV92 y APO muestran los mayores valores y las menores frecuencias se encontraron para los marcadores ACE y FXIII respectivamente. La frecuencia alélica promedio resultó mayor en San Pelayo Urbano (0,425) que en Sabana-Nueva (0,324).

Tabla 3. Frecuencias alélicas de 5 marcadores *Alu*

Loci	Alelo	San-Pelayo Urbano	Sabana-Nueva
ACE	490	0,125	0,375
APO	409	0,500	0,521
DI	670	0,636	0,227
FXIII	700	0,231	0,200
PV92	443	0,636	0,300
Promedio	542,4	0,425	0,324

En la tabla 4 los valores obtenidos para el equilibrio de Hardy-Weinberg en las dos subpoblaciones mostraron ausencia de valores equilibrio de Hardy-Weinberg

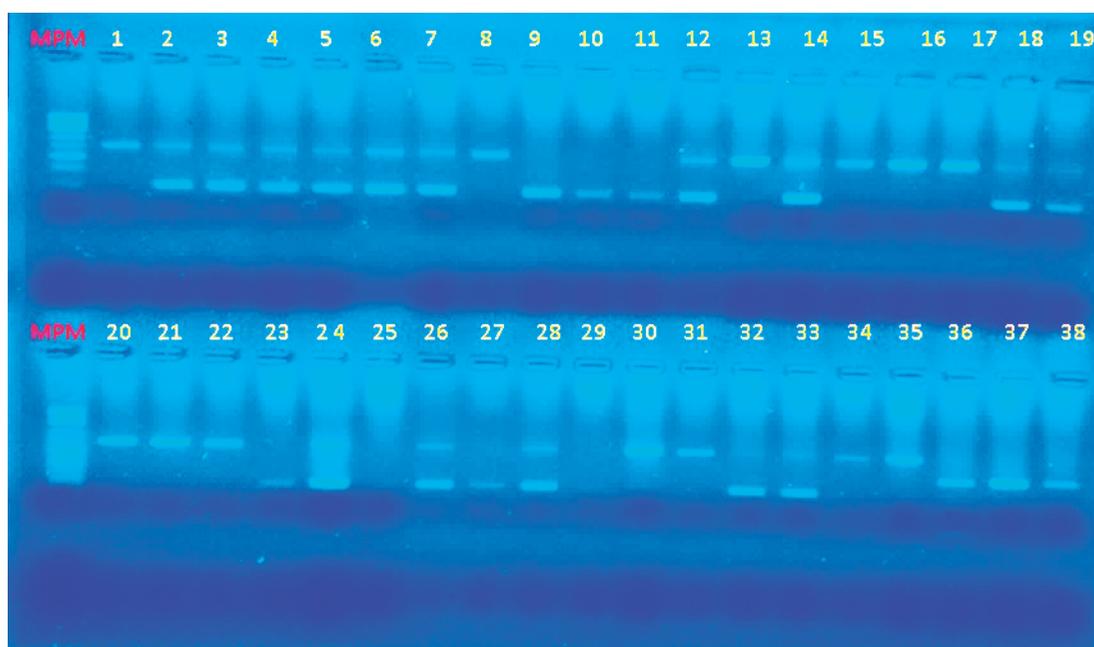


Figura 1. Electroforesis de productos PCR de la inserción ACE (Pb 490/190)

($p < 0,05$) para los cinco loci analizados. La heterocigosidad observada (H_o) mostró valores entre 0,042 y 0,000. Los valores de heterocigosidad esperada (H_e) varían entre 0,219 para la subpoblación de San Pelayo Urbano hasta 0,500 y para la subpoblación de Sabana-Nueva se observaron valores de 0,320 y 0,499. El índice de fijación indica un valor de 1,000 en la subpoblación de San-Pelayo urbano en general, pero en la subpoblación de Sabana-Nueva solo el loci *APO* tuvo un valor de 0,917.

Tabla 4. Parámetros genéticos calculados en la zona de estudio

Población	Loci	P	H_o	H_e	F
San Pelayo Urbano	<i>ACE</i>	0,005**	0,000	0,219	1,000
	<i>APO</i>	0,000***	0,000	0,500	1,000
	<i>DI</i>	0,001**	0,000	0,463	1,000
	<i>FXIII</i>	0,000***	0,000	0,355	1,000
	<i>PV92</i>	0,001**	0,000	0,463	1,000
Sabana-Nueva	<i>ACE</i>	0,000***	0,000	0,469	1,000
	<i>APO</i>	0,000***	0,042	0,499	0,917
	<i>DI</i>	0,000***	0,000	0,351	1,000
	<i>FXIII</i>	0,000***	0,000	0,320	1,000
	<i>PV92</i>	0,000***	0,000	0,420	1,000

P: equilibrio Hardy-Weinberg (** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$), H_o : heterocigosidad observada, H_e : heterocigosidad esperada, F: índice de fijación

En la tabla 5 los valores de F_{ST} varían de 0,00 en el marcador *APO* a 0,17 para el locus *DI*. En el caso de las F_{IS} y F_{IT} mostraron valores de 0,958 a 1,000.

Tabla 5. Valores de los estadísticos F para cada marcador en la población global

	F_{ST}	F_{IT}	F_{IS}
<i>ACE</i>	0,083	1,000	1,000
<i>APO</i>	0,000	0,958	0,958
<i>DI</i>	0,171	1,000	1,000
<i>FXIII</i>	0,001	1,000	1,000
<i>PV92</i>	0,114	1,000	1,000
Promedio	0,074	0,992	0,992

Discusión

Los cinco marcadores analizados resultaron polimórficos en las dos subpoblaciones, las inserciones *Alu* mostraron valores heterogéneos dentro del rango de las frecuencias alélicas. Se observa una afinidad con las frecuencias alélicas de las poblaciones europea-americana, y la africana-americana (Watkins et al., 2001). Los valores promedios

de las frecuencias alélicas de San Pelayo Urbano fueron más cercanos a las reportadas en Rongmei, Inpui y Kuki y las de Sabana Nueva a las de Zeme Liangmai (Kshatriyaa, Panmeib & Kameihc, 2019).

La heterocigosidad observada (H_o) presentó valores bajos en comparación con lo reportado para las poblaciones de América y de otros lugares del mundo (Stoneking et al., 1997) lo cual pudo ser ocasionado por la endogamia. Los valores de la heterocigosidad esperada (H_e) fueron superiores debido a la homogeneidad de las frecuencias alélicas en los marcadores, por tanto, lo que se espera en la siguiente generación es un número de homocigoto mucho más altos que de heterocigotos, estos resultados de heterocigosidad esperada se asemejan a lo reportado para las poblaciones amerindias, las poblaciones africanas y las poblaciones asiáticas (Antúnez et al., 2002; Battilana et al., 2006).

Los cinco marcadores no estuvieron en equilibrio de Hardy-Weinberg para las subpoblaciones, esto pudo deberse a diferentes eventos como el efecto Wahlund, suceso que no afecta por igual a todo el genoma y produce un aumento de homocigotos y una disminución de heterocigotos, lo cual está en concordancia con los resultados obtenidos y también por la endogamia originada por un aislamiento de las dos subpoblaciones: en la historia de San Pelayo, durante el proceso de colonización entre los años 1690 y 1721, se reporta que las familias del municipio se casaban entre ellas (Fortich, 2014) y para el caso de Sabana Nueva en su reseña histórica se afirma que esta fue fundada por españoles que llegaron vía fluvial a finales del siglo XVIII, donde al igual que en San Pelayo, predominó un entrecruzamiento entre las familias fundadoras para poder mantener su abolengo en las siguientes generaciones, por esto es común encontrar apellidos que predominan como Petro, Hernández, Doria y Cantero, considerados en los estudios antropológicos como los primeros pobladores de esta localidad y determinantes para el predominio del color de piel de estos pobladores (Fortich, 2014). La ausencia del equilibrio de Hardy Weinberg obtenida en esta investigación, fue similar a los resultados reportados en poblaciones amerindias colombianas para marcadores *Alu* (Novick et al., 1998).

Los valores obtenidos para el índice de fijación mostraron que las dos subpoblaciones presentaron un aislamiento genético. Respecto a los estadísticos F se observó que en los valores de F_{ST} mostraron valores cercanos a cero en casi todos los marcadores, indicando que las dos subpoblaciones se comportan como una sola población;

estos resultados son menores a lo reportado en poblaciones de Europa, África y afrocolombianas (Gómez et al., 2010, Terreros et al., 2009). Además, la diversidad genética obtenida en el presente estudio puede atribuirse a variaciones individuales dentro de las poblaciones, ya que solo el 7,4% de la diversidad genética total proviene de la variación entre las poblaciones (F_{ST}).

Al mismo tiempo, las F_{IS} Y F_{IT} ratifican el déficit de heterocigoto, estos resultados se dan por consecuencia de apareamientos consanguíneos. Estos valores obtenidos no poseen similitud con las poblaciones brasileñas (Cotrim et al., 2004).

Conclusiones

La población de San Pelayo, Córdoba (Colombia) presentó una baja diversidad genética, y un alto nivel polimórfico en todos los elementos *Alu*. El exceso de homocigotos que hay en toda la población es producido por la endogamia, lo cual aumenta la posibilidad de pérdida de los alelos para las siguientes generaciones, en consecuencia, esto llevaría a la disminución de la diversidad genética a lo largo del tiempo.

Referencias

- Antúñez, G., Antúñez, P., Papilha, P., Hammer, S., Yunis, M., Yunis, J. J., Damodaran, E. J., Martínez De Pancorbo, C., Caeiro, M., Puzyrev, J. L., & Herrera, V. P. (2002). Phylogenetics of worldwide human populations as determined by polymorphic *Alu* insertions. *Electrophoresis*, 23, 3346-3356. [http://dx.doi.org/10.1002/1522-2683\(200210\)23:19<3346::AID-ELPS3346>3.0.CO;2-J](http://dx.doi.org/10.1002/1522-2683(200210)23:19<3346::AID-ELPS3346>3.0.CO;2-J)
- Battilana, J., Fagundes, N. J. R., Heller, A., Goldani, A., Freitas, L. B., Tarazona, E., & Bonatto, S. L. (2006). *Alu* insertion polymorphisms in Native Americans and related Asian populations. *Annals of Human Biology*, 33(2), 142-160. <http://dx.doi.org/10.1080/03014460500487347>
- Batzer, Ma., & Deininger P. L. (1994). A human-specific subfamily of *Alu* sequences. *Genomics*, 9, 481-487. [http://dx.doi.org/10.1016/0888-7543\(91\)90414-A](http://dx.doi.org/10.1016/0888-7543(91)90414-A)
- Batzer, M. A., Stoneking, M., Alegria-Hartman, M., Bazan, H., Kass, D. H., Shaikh, T. H., Novick, G. E., Ioannou, P. A., Scheer, W. D., Herrera, R. J., & Deininger, P. L. (1994). African origin of human-specific polymorphic *Alu* insertions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 91, 12288-12292. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.91.25.12288>
- Batzer, M. A., Rubin, C. M., Hellman-Blumberg, U., Alegria-Hartman, M., Leeflang, E. P., Stern, J. D., Bazan, H. A., Shaikh, T. H., Deininger, P. L., & Schmid, C. W. (1995). Dispersion and insertion polymorphism in two small subfamilies of recently amplified human *Alu* repeats. *Journal Molecular Biology*, 247, 418-427. <http://dx.doi.org/10.1006/jmbi.1994.0150>
- Batzer, M. A., & Deininger, P. L. (2002). *Alu* repeats and human genomic diversity. *Nature Reviews Genetics*, 3, 370-379. <http://dx.doi.org/10.1038/nrg798>
- Cotrim, N. H., Auricchio, M. T., Vicente, J. P., Otto, P. A., & Mingroni-Netto, R. C. (2004). Inserciones polimórficas de *Alu* en seis poblaciones brasileñas derivadas de África. *American Journal of Human Biology*, 65, 234-241. <http://dx.doi.org/10.1002/ajhb.20024>
- Fortich, D. W. (2014). *Sabana-Nueva, tradición y cultura, historia documental de Córdoba*. Montería: Domus Libri.
- Gómez, L., Sánchez, M. A., Pérez, A. M., García, S., Builes, J. J., Bravo, M. L., Pancorbo, M. M., & Peña, J. A. (2010). Genetic admixture estimates by *Alu* elements in Afro-Colombian and Mestizo populations from Antioquia, Colombia. *Annals of Human Biology*, 37(4), 488-500. <http://dx.doi.org/10.3109/03014460903433810>
- Gutiérrez, I. (1980). *Historia del negro en Colombia*. Bogotá: Editorial Nueva América.
- Jorde, L. B., Bamshad, M., & Rogers, A. R. (1998). Using mitochondrial and nuclear DNA markers to reconstruct human evolution. *BioEssays*, 20, 126-136. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-1878\(199802\)20:2<126::AID-BIES5>3.0.CO;2-R](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1521-1878(199802)20:2<126::AID-BIES5>3.0.CO;2-R)
- Jorde, L. B., & Wooding, S. P. (2004). Genetic variation, classification and 'race'. *Nature Genetics*, 36(11), S28-33. <http://dx.doi.org/10.1038/ng1435>
- Kshatriyaa, G. K., Panmeib, T., & Kameihc, G. (2019). *Alu* insertion-deletion polymorphisms in the Tibeto-Burman speaking tribal groups of Manipur, North-East India. *Gene Reports*, 15, 1-5 <http://dx.doi.org/10.1016/j.genrep.2019.100372>
- Novick, G., Novick, C., Stokening, M., Batzer, M., Yunnis, E., & Deininger, P. (1998). Polymorphic *Alu* insertion in the Asian origin of Native American population. *Human Biology*, 70 (1), 23-39
- Peakall, R., & Smouse, P. E. (2012). GenAlex 6.502: análisis genético en Excel. *Software de genética poblacional. Bioinformatics*, 8, 2537-2539. <http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460>
- Stoneking, M., Fontius, J., Clifford, S., Soodyall, H., Arcot, S., Saha, N., Jenkins, T., Tahir, M., Deininger, P., & Batzer, M. A. (1997). *Alu* insertion polymorphisms and human evolution: evidence for a larger population size in Africa. *Genome Research*, 7, 1061-1071

- Terreros, M., Sánchez, M. A., Novick, G., Harlette Lacau, H., Lowery, C., Regueiro, M., & Herrera, R. (2009). Insights on human evolution: An analysis of *Alu* insertion polymorphisms. *Journal of Human Genetics*, 54, 603-611. <http://dx.doi.org/10.1038/jhg.2009.86>
- Tiret, L., Rigat, B., Visvikis, S., Breda, C., Corval, P., Cambien, F., & Soubrier, F. (1992). Evidence, from combined segregation and linkage analysis, that a variant of the angiotensin I-converting enzyme (ACE) gene controls plasma ACE levels. *American Journal of Human Genetics*, 51, 197-205.
- Watkins, W. S., Ricker, C. E., Bamshad, M. J., Carroll, M. L., Nguyen, S. V., Batzer, M. A., Hapending, H. C., Rogers, A. R., & Jorde L. B. (2001). Patterns of ancestral of *Alu*-insertion and restriction-site polymorphisms. *American Journal of Human Genetics*, 68, 738-752. <http://dx.doi.org/10.1086/318793>

Artículo de Investigación

Efecto de un inoculante microbiano sobre la calidad microbiológica y nutricional de ensilaje de *Morus alba* L. y *Sambucus nigra* L.

Effect of a microbial inoculant on the microbiological and nutritional quality of *Morus alba* L. and *Sambucus nigra* L. silage.

Efeito de um inoculante microbiano na qualidade microbiológica e nutricional da silagem de *Morus alba* L. e *Sambucus nigra* L.

Dania Fonseca-López^{a,*} | Carlos-Eduardo Rodríguez-Molano^b

^a <https://orcid.org/0000-0003-3877-3730>

^b <https://orcid.org/0000-0002-0862-3478>

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

- Fecha de recepción: 2019-02-01
- Fecha concepto de evaluación: 2019-10-04
- Fecha de aprobación: 2019-10-16
<http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.825>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Fonseca-López, D., & Rodríguez-Molano, C. E. (2019). Efecto de un inoculante microbiano sobre la calidad microbiológica y nutricional de ensilaje de *Morus alba* L. y *Sambucus nigra* L. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 93-101. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.825>

RESUMEN

El ensilaje es un proceso que se realiza para conservar alimentos a partir de una fermentación anaerobia y producción de ácido láctico, pero su efectividad depende de factores como el sustrato y los microorganismos dominantes. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de un inoculante bacteriano sobre la calidad composicional y microbiológica de ensilaje a base de morera (*Morus alba* L.) y sauco (*Sambucus nigra* L.). Para ello se picó (3-5 cm) el material vegetal y se mezcló en proporción del 50:50 con inoculante liofast® (15%, 10%) y se fermentó durante 28 días. Se observó mayor pérdida volumétrica (materia seca) y crecimiento de enterobacterias (190×10^9 UFC.g⁻¹) con el uso de inoculante (15%).

Palabras clave: ensilaje, fermentación-anaerobia, preservación de alimentos, plantas forrajeras, morera

SUMMARY

Silage is a process used to preserve food from anaerobic fermentation and lactic acid production. However, its effectiveness depends on factors such as the substrate and the dominant microorganisms. The objective of this work was to determine the effect of a bacterial inoculant on the compositional and microbiological quality of silage based on mulberry (*Morus alba* L.) and elderberry (*Sambucus nigra* L.). The plant material was chopped (3-5 cm) and mixed in a 50-50 ratio with liofast® inoculant (15%, 10%) and fermented for 28 days. Greater volumetric loss (dry matter) and growth of enterobacteria (190×10^9 CFU.g⁻¹) was observed with the use of the inoculant (15%).

Keywords: Silage, fermentation-anaerobia, food preservation, fodder plants, mulberry tree



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: correodania@gmail.com

SUMÁRIO

A silagem é um processo realizado para conservar os alimentos a partir de uma fermentação anaeróbica e produção de ácido láctico, mas sua eficácia depende de fatores como o substrato e os microorganismos dominantes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de um inoculante bacteriano na qualidade composicional e microbiológica de silagem à base de amoreira (*Morus alba* L.) e sabugueiro (*Sambucus nigra* L.). Para isso, o material vegetal foi picado (3-5 cm) e misturado em uma proporção de 50:50 com inoculante liofast® (15%, 10%) e fermentado por 28 dias. Observou-se uma maior perda volumétrica (matéria seca) e crescimento de enterobactérias (190×10^9 UFC.g⁻¹) com o uso de inoculante (15%).

Palavras-chave: Silagem, fermentação-anaeróbica, conservação de alimentos, plantas forrageiras, amoreira

La ganadería sostenible se orienta hacia la utilización de estrategias que reduzcan la emisión de gases efecto invernadero y la huella de carbono para contribuir con la conservación del medio ambiente, a través de la menor dependencia de insumos externos como los alimentos concentrados mediante la inclusión de alternativas forrajeras para el trópico como la morera (*Morus alba* L.) y el sauco (*Sambucus nigra*) en los sistemas productivos.

Estas especies arbóreas tienen distribución mundial por crecer en diferentes condiciones climáticas y son de interés pecuario por su alto rendimiento foliar (Chakraborty, Kundu & Chattopadhyay, 2016) y la calidad nutricional de sus hojas gracias a su contenido de proteína cruda degradable comparable con leucaena (*Leucaena leucocephala*) y fixus (*Ficus roxburghii*) (Wang, Yang, Bo, Ding & Cao, 2012) reportándose proteína total en las diferentes fracciones de sauco (*Sambucus nigra*) de 21,46% (flor), 30,97% (semilla), 9,33% (tallo), 18,7% (hojas-peciolo) (Carvajal-Salcedo & Cuesta-Peralta, 2016). Igualmente, existe interés en los metabolitos secundarios de estas plantas en especial en el sauco, debido a que se le han atribuido notables propiedades antioxidantes (Akhtar, Hag & Mirza, 2018) y la capacidad para reducir la emisión de metano (Apráez, Delgado & Narváez, 2018).

Estas especies forrajeras se han usado con mayor frecuencia en sistemas silvopastoriles y bancos de proteína para ser suministrados en fresco; sin embargo, la alta disponibilidad de alimento en época de lluvia debe aprovecharse mediante su preservación por medio de procesos como el ensilaje que se basa en la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por acción microbiana anaerobia, proceso que además reduce su contenido de taninos y fenoles, los cuales pueden tener efectos tóxicos

en los animales y afectar la digestibilidad de las proteínas (Wang et al., 2012).

La conservación del alimento a partir del proceso de ensilaje se relaciona con el crecimiento de bacterias ácido lácticas (BAL), que se han utilizado como inoculantes, las cuales fermentan los hidratos de carbono en ácidos orgánicos, particularmente en ácido láctico que acidifica rápidamente el ensilaje e inhibe el crecimiento de bacterias indeseables (Queiroz, Arriola, Daniel & Adesogan, 2013) de modo que mejoran la fermentación y la estabilidad aeróbica (Daniel et al., 2018) del producto final.

Además, las BAL se han utilizado como probióticos en la alimentación de aves, cerdos y ganado (Rodríguez-Salgado, Saavedra-Montañez, Fonseca-López & Borrás-Sandoval, 2019) y se ha demostrado que pueden secuestrar aflatoxinas y micotoxinas (Ma et al., 2017), también reducen las pérdidas volumétricas de materia seca en ensilajes (Borreani, Tabacco, Schmidt, Holmes & Muck, 2018; Chen & Weinberg, 2014), aunque esto puede variar por factores como la humedad que impacta el proceso de fermentación (Fonseca-López, Saavedra-Montañez & Rodríguez-Molano, 2018), la proporción de inoculante mezclado y la composición química del material a ensilar en donde el contenido de hidratos de carbono solubles, la capacidad buffering (Dong-xia, Kui-kui, Ying-chao, Yan-li & Fu-yu, 2018) y el contenido de azúcares (Ni, Yang, Hua, Wang & Pang, 2016) son determinantes.

Por ello, se considera que el factor que más influye en la respuesta de la calidad de los ensilajes es el tipo de forraje (Oliveira et al., 2017). De modo que no siempre es aconsejable la aplicación de inoculantes microbianos, ya que al tratarse de un insumo adicional eleva el costo

del ensilaje y resulta ser innecesario cuando el material a ensilar aporta los carbohidratos suficientes para que las bacterias ácido lácticas endófitas prosperen en condiciones de anaerobiosis (Dong-xia et al., 2018). Con base en lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de un inoculante bacteriano sobre la calidad microbiológica y nutricional de ensilaje a base de morera (*Morus alba* L.) y sauco (*Sambucus nigra* L.) como alimento estratégico en ganaderías ecoeficientes.

■ Materiales y métodos

Procedimiento de ensilaje. El material vegetal morera (*Morus alba* L.) y sauco (*Sambucus nigra* L.) (clasificación hecha por Bravo-P.W. Herbario UPTC) se recolectó de un cultivo establecido en el 2014 en un área de 908,3 m² con espacio de intersiembra y surco de 1,30 m y 1,50 m, respectivamente, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), sede Tunja (Boyacá), coordenadas 5° 33' 7" N y 73° 21' 23" W a una altura de 3.000 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 13 °C, en donde se realizan podas anuales con tijera (Rodríguez-Molano et al., 2019). Después de cortado el material vegetal, se picó 50 kg de muestra que incluía hojas y tallos en una picapasto marca Indu-tornometal JR® (Funza, Colombia) (Fonseca-López et al., 2018). Luego, el material vegetal se extendió sobre un plástico y se dejó expuesto al sol durante dos horas con volteo cada 30 minutos hasta que no se observó pérdida de efluentes líquidos como único control de humedad.

Se elaboró los ensilajes a pequeña escala (500 g) a partir de la mezcla del 50% de cada material vegetal con cultivo comercial Liofast Y452B, SACCO® (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* ssp) (Cadorago, Italia) (Fonseca-López et al., 2018). Este se disolvió en agua (1 g/l) para lograr su distribución homogénea en el ensilaje y se agregó hasta 15% al no observarse pérdida de líquido con presión manual como indicador límite para su inclusión.

El porcentaje de inoculante mezclado fue de 10% (T10) y 15% (T15) y un tratamiento control (T0), de modo que los componentes del T10 fueron 45% de sauco (225 g), 45% de morera (225 g) y 10% de inoculante (50 mL); mientras que en el T15 fueron 42,5% de sauco (212,5 g), 42,5% de morera (212,5 g) y 15% de inoculante (125 mL), con un costo por kilogramo de ensilaje de \$ 115 (T10), \$ 137,5 (T15) y \$ 100 (T0). El manejo se realizó bajo condiciones

controladas de llenado en bolsas plásticas de polietileno (calibre 6), compactado manual, tamaño de picado del forraje (3-5 cm) y almacenamiento sobre estibas.

Diseño experimental. El tiempo experimental fue de 28 días y se evaluaron tres tratamientos correspondientes a los diferentes porcentajes de inclusión de inoculante bacteriano (10%, 15%) y un control (0%) en un diseño completamente al azar. Cada tratamiento tuvo 20 repeticiones para un total de 60 unidades experimentales, cada bolsa de ensilaje se trató como unidad experimental.

■ Variables evaluadas

Análisis composicional. Se determinó la materia seca (MS %) y el contenido de humedad (Hum %) en una estufa de secado marca Memmert® (Karl Kolb, Schwabach, Alemania), cenizas (Cen %) por el método de incineración a 550 °C con mufla Thermolyne® (Dubuque, IA) (Fonseca-López et al., 2018), fibra detergente ácida (FDA %) y fibra detergente neutra (FDN %) por el método Van Soest, Robertson y Lewis (1991) y proteína bruta (PC %) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984). Para realizar los análisis se tomaron cuatro bolsas de ensilaje al azar por tratamiento a los 0, 7, 14, 21 y 28 días, esta frecuencia de análisis difirió para la proteína (0, 14 y 28 días) y las fibras (0 y 28 días), ya que luego de siete días se logra pH entre 4-4,5 y en este rango se detiene la proteólisis por fermentación (Palacio, Bettucci & Pan, 2016), de modo que frecuencias de análisis más cortas suelen ser innecesarias.

Variación del pH. Se pesó 5 g de ensilaje y se hizo una mezcla homogénea con 45 mL de agua destilada según el método de Elías, Lezcano, Lezcano, Cordero y Quintana (1990), luego se utilizó un potenciómetro OAKTON® (OAKTON Instruments, Vernon Hills, IL, USA) para determinar la variación del pH en las muestras a los 0, 7, 14, 21 y 28 días.

Análisis microbiológico. Con una pipeta Pasteur se tomó 1 mL de la solución descrita anteriormente y se diluyó hasta 10⁻⁹ por el método de dilución en agua destilada. Posteriormente, se depositó una muestra de 1 mL en medios comerciales Compact Dry para *E. coli*iformes, mohos-levaduras y mesófilos® y se incubaron a 37 °C por 48 horas. Todas las muestras se analizaron en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en Tunja (Fonseca-López & Borrás-Sandobal, 2014).

Análisis estadístico. Los datos se organizaron en una hoja Excel, luego con el programa SPSS Statistics se hizo un análisis de varianza y donde hubo diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados y discusión

Proteína cruda (PC %) y crecimiento bacteriano (UFC.g⁻¹). El contenido de proteína cruda en el sauco llega hasta 21,1% (Apráez et al., 2018) y en las hojas de morera varía de 25,1% a 8%, pero estos valores difieren de acuerdo con la fracción de la planta concentrándose en las semillas seguido de las flores y las hojas (Carvajal-Salcedo & Cuesta-Peralta, 2016). También influyen la especie vegetal, condiciones edafoclimáticas, fertilización (Wang et al., 2012), intensificación del cultivo que deriva en pérdida de nutrientes en las hojas (Chakraborty et al., 2016) y el estado de madurez de la planta (Peyrat, Baumont, Le Morvan & Nozière, 2016). Esto último explica el bajo contenido proteico inicial del material evaluado (plantas de cinco años) que estuvo por encima de 6%. Sin embargo, en el T15 al finalizar el ensayo disminuyó hasta 4,2% (tabla 1), valores similares se han encontrado en microsilos de avena ($6,94 \pm 0,203\%$) con fertilización de 90 kg/ha de N (Romero, Zhao, Tiezzi & Castillo, 2017).

La reducción en el contenido de proteína en el T15 se debe a un proceso de heterofermentación con la mayor proliferación de levaduras (12×10^6 UFC.g⁻¹) y enterobacterias (190×10^6 UFC.g⁻¹) (día 28) en comparación con los tratamientos T0 y T10 que resulta en una fermentación más lenta, deterioro aeróbico y producción de una mezcla de ácido acético y ácido láctico (Ni et al., 2016) por la activación de bacterias latentes que crecen en condiciones favorables; así, las enterobacterias encontradas fueron las cepas que dominaron después de los mesófilos y su presencia no es deseable porque incrementan la producción

de ácido acético y crean competencia con las bacterias ácido lácticas (BAL) (Dong-xia et al., 2018). Esta fermentación heteroláctica se relaciona con retrasos en el momento de empaque o en el sellado (Borreani et al., 2018).

Los ensilajes de T0 y T10 presentaron la mejor calidad proteica (6%), pero este valor es bajo por tratarse de material ensilado de poda anual de plantas que tenían cinco años de edad (Rodríguez-Molano et al., 2019), debido a que el estado de madurez tiene una correlación negativa con el contenido proteico del material vegetal (Peyrat et al., 2016), y puede ir acompañado de la disminución en la proporción de hojas-tallos lo que, a su vez, pudo influir en los resultados; por ejemplo, en sauco la proteína en los tallos es menor (9,33%) en comparación con la fracción de hojas-pecíolo (18,7%) (Carvajal-Salcedo & Cuesta-Peralta, 2016). Sin embargo, la mejor calidad proteica en T0 y T15 se debió posiblemente por una fermentación más estable, lo que indica que estos tuvieron condiciones de temperatura, disponibilidad de azúcares y un grado de anaerobiosis que favoreció la tasa de crecimiento de BAL (Borreani et al., 2018).

Por otro lado, aunque en ensilajes de morera no se han encontrado cepas BAL de alta capacidad fermentativa propias del cultivo que se supondría pueden colonizar fácilmente la planta para ser utilizados como inoculantes (Ni et al., 2016), un ambiente anaerobio garantiza que aquellas BAL endófitas se reproduzcan y ganen por competencia a los microorganismos indeseables, tal como se observó en el T0, y una vez crean un ambiente ácido por el agotamiento de carbohidratos que son usados en sus procesos metabólicos disminuyen su crecimiento (Fonseca-López et al., 2018). Es de destacar que el mayor número de UFC de BAL también favorece ambientes anaerobios debido a que algunas pueden consumir el oxígeno molecular desde el sellado, al igual que el tejido de la planta que continúa activo después del picado (Borreani et al., 2018).

Tabla 1. Resultados de crecimiento bacteriano y contenido de proteína en los ensilajes

Tratamiento	Levaduras (UFC.g ⁻¹)			Enterobacterias (UFC.g ⁻¹)			Mesófilos (UFC.g ⁻¹)			PC (%)			
	Día	0	14	28	0	14	28	0	14	28	0	14	28
T0		2	1	0	290	70	16	270	250	140	6,4	6,21	6
T10		3	1	4	4	4	40	390	360	145	6,6	6,4	6
T15		5	5	12	25	7	190	230	210	340	6,3	5,8	4,2

0: tratamiento control, 10: tratamiento con 10% de inoculante, 15: tratamiento con 15% de inoculante, PC%: proteína cruda.

Humedad (Hum %). El contenido de humedad de la hoja (CHH) y la capacidad de retención de humedad (CRH) son los dos factores importantes que mantienen los niveles nutritivos de las hojas y mejoran su palatabilidad (Chakraborty et al., 2016). Sin embargo, un alto contenido de humedad en los materiales forrajeros que se van a ensilar afecta el proceso de fermentación, debido a que alta cantidad de agua permite el mayor crecimiento de microorganismos (Fonseca-López & Borrás-Sandoval, 2014) y altera la tasa de degradación del ensilaje (Zou et al., 2016). En morera, los valores de humedad van hasta 79,91% en hojas jóvenes con proteína de 26,63 mg/g (Chakraborty et al., 2016), pero esta se reduce con la edad de las plantas y condiciones ambientales, mientras que en follaje completo de sauco se reporta 77,41% de humedad (22,59% MS) en árboles con un periodo vegetativo de 90 días (Carvajal-Salcedo & Cuesta-Peralta, 2016). En este trabajo, para disminuir la humedad del material vegetal se realizó secado al aire libre para evaporar los efluentes líquidos generados en el proceso de elaboración, pero siete días después del sellado la humedad en los ensilajes se incrementó con el paso del tiempo hasta el día 21 y, posteriormente, hubo una reducción numérica no significativa (día 28) en T0 y T15 ($p > 0,05$) (tabla 2).

La marcada diferencia en la humedad con el paso del tiempo y su tendencia a aumentar se asocia con la producción de agua en los procesos metabólicos y por la formación de enlaces peptídicos, en los que se pierde una molécula de agua por enlace formado (Fonseca-López et al., 2018), pero también, con la descomposición de proteínas cuando

se observa su disminución, como en este trabajo, donde la pérdida de proteína fue de 2,1 unidades en T15 (4,2% PC) respecto a T0 (6% PC) y T10 (6% PC) y dicho tratamiento corresponde al ensilaje con mayor humedad al final de la evaluación. Aunque la pérdida de materia seca también se relaciona con la presencia de oxígeno en procesos de ensilado que van acompañados por pH elevados y deterioro del material (Borreani et al., 2018).

Materia seca (MS). El sauco puede llegar a contener 19,6 % de MS (Apráez et al., 2018) y la morera hasta 20,09% MS (Chakraborty et al., 2016), aunque estos valores cambian por el periodo vegetativo y fracción de la planta (Carvajal-Salcedo & Cuesta-Peralta, 2016). Cuando se mezclaron en proporción 50:50, el contenido de MS inicial estuvo por encima del 50% en todos los tratamientos, sin existir diferencias significativas por punto de muestreo ($p > 0,05$) (tabla 3); lo que muestra que el tratamiento de secado al aire libre que se realizó previo a embolsar los ensilajes fue homogéneo en todos los tratamientos. Estos valores que son más altos a lo reportado en ensilaje de maíz (33,6% - 37,7%) (Ebling & Kung, 2004) y ensilaje de avena (42,95 ± 0,93%) (Romero et al., 2017). Sin embargo, con el tiempo hubo una reducción volumétrica de 10,89% (T0), 10,26% (T10) y 13,57% (T15) al finalizar la evaluación con respecto el contenido de MS inicial (tabla 4).

Esta pérdida de MS en la fermentación proviene principalmente de la producción de dióxido de carbono por los microorganismos presentes en el sustrato que usan

Tabla 2. Variación en el contenido de humedad (%) de los ensilajes en diferentes días de muestreo (0, 7, 14, 21 y 28)

Tratamiento	0	7	14	21	28
0	48,31 ± 0,49 ^a	49,18 ± 2,05 ^a	50,80 ± 2,38 ^a	54,18 ± 4,43 ^a	53,07 ± 8,92 ^a
10	48,86 ± 1,83 ^a	49,59 ± 2,22 ^a	52,85 ± 2,72 ^a	52,56 ± 3,52 ^a	54,11 ± 2,13 ^a
15	47,86 ± 1,99 ^a	46,64 ± 1,63 ^a	49,63 ± 1,22 ^a	55,78 ± 2,37 ^b	54,94 ± 2,13 ^a

Subíndices con letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de Tukey con un $p < 0,05$. ±: error estándar.

Tabla 3. Variación en el contenido de materia seca (%) de los ensilajes en diferentes días de muestreo (0, 7, 14, 21 y 28)

Tratamiento	0	7	14	21	28
0	51,69 ± 1,31 ^a	51,82 ± 2,05 ^a	49,20 ± 2,38 ^a	45,82 ± 4,43 ^a	46,92 ± 8,92 ^a
10	51,14 ± 1,83 ^a	50,41 ± 2,22 ^a	47,15 ± 2,72 ^a	47,44 ± 3,53 ^a	45,89 ± 2,13 ^a
15	52,14 ± 1,99 ^a	53,36 ± 1,63 ^a	50,37 ± 1,22 ^a	44,22 ± 2,37 ^a	45,06 ± 2,13 ^a

Subíndices con letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de Tukey con un $p < 0,05$. %: coeficiente de variación. ±: error estándar.

Tabla 4. Pérdida volumétrica de los ensilajes (%) en los días de muestreo

Tratamiento	7	14	21	28
0	0,25	4,82	7,36	10,89
10	1,43	7,80	7,24	10,27
15	2,34	3,39	10,19	13,58

* Los valores se calcularon a partir del contenido de materia seca inicial.

azúcares en su metabolismo como la glucosa, citrato o malato, de modo que BAL-heterofermentativas generan 1 mol de dióxido de carbono por mol de glucosa consumida, lo que lleva a una pérdida del 24% MS y pérdida del 1,7% de la energía bruta en el ensilaje (Borreani et al., 2018). Esto indica que la MS en el ensilaje es afectada por el tipo de población bacteriana presente tal como se observó en los tratamientos, en donde el T15 al finalizar el ensayo obtuvo menor contenido de MS y mayor crecimiento de enterobacterias y levaduras, las cuales son capaces de generar por cada mol de glucosa consumida pérdidas de 17% y 48,9% de MS, respectivamente (Borreani et al., 2018).

Contrario a nuestros resultados, la inoculación de BAL ha mejorado la recuperación de MS en pastos templados y tropicales pero no en el maíz y en el sorgo (Oliveira et al., 2017). Este mismo comportamiento se reporta en otro ensayo donde se usó una cepa ácido láctica (*Lactobacillus plantarum*) (10^6 UFC/g) en ensilaje de trigo y se observó mayor producción de dióxido de carbono, deterioro aeróbico más intenso y producción de ácido acético de 8-15 g/kg MS; sin embargo, no hubo pérdidas en el contenido de ceniza, MS y digestibilidad (Chen & Weinberg, 2014).

Por otro lado, los ensilajes del T0 tuvieron menos pérdidas volumétricas, esto puede indicar que los microorganismos epífitos de los materiales evaluados lograron mantener una fermentación más estable y, en consecuencia, hay menor pérdida de MS (T0) a pesar de no existir diferencias significativas ($p > 0,05$) pero sí numéricas entre los tratamientos (28 días), de modo que la efectividad del

inoculante BAL aplicado puede variar por el sustrato y como en este caso su aplicación no siempre permite obtener mayor contenido de MS en los ensilajes.

Cenizas (Cen %). El sauco puede aportar 10,2% de cenizas (Apráez et al., 2018) y la morera 8,6% (Fonseca-López et al., 2018) o más, valores cercanos a los obtenidos en los ensilajes en donde se observó su disminución en relación con el tiempo existiendo diferencias significativas únicamente el día 21 ($p < 0,05$) (tabla 5).

Este parámetro suele ser usado para estimar el deterioro de los ensilajes y la variación de la MS bajo la suposición que si la materia orgánica se consume debe permanecer el contenido de cenizas constante; así, un incremento en el contenido de cenizas indica pérdida de MS en el ensilaje (Ashbell & Weinberg, 1992). Sin embargo, aunque sí hubo pérdidas volumétricas se observó una disminución en el contenido de cenizas, lo que se atribuye al uso de minerales como P, Ca, Mg, Fe y S en la formación de estructuras bacterianas y su intervención como cofactores en los procesos metabólicos (Fonseca-López et al., 2018), pero no se relaciona con la pérdida de MS.

pH. La aplicación del inoculante bacteriano redujo el pH inicial de los ensilajes T10 ($4,57 \pm 0,14$) y T15 ($4,53 \pm 0,21$) frente al control T0 ($6,14 \pm 0,11$), posteriormente disminuyó en 0,0553 unidades (T0), 0,008 unidades (T10) y 0,0163 (T15) con intervalos de siete días (figura 1) y al finalizar el ensayo el pH más alto lo obtuvo el T10 ($4,32 \pm 0,02$) seguido de T0 ($4,09 \pm 0,06$) y el T15 ($4,02 \pm 0,03$)

Tabla 5. Variación en el contenido de cenizas (%) de los ensilajes en diferentes días de muestreo (0, 7, 14, 21 y 28)

Tratamiento					
Días	0	7	14	21	28
0	10,93 ± 0,23	10,41 ± 0,5	10,14 ± 0,27	9,36 ± 0,15 ^c	9,41 ± 0,52
10	10,24 ± 0,38	10,18 ± 0,88	10,58 ± 0,31	10,5 ± 0,1 ^a	9,68 ± 0,18
15	11,71 ± 1,6	11,63 ± 1,63	11,11 ± 0,15	9,85 ± 0,07 ^b	9,07 ± 0,38

Subíndices con letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de Tukey con un $p < 0,05$. %: coeficiente de variación. ±: error estándar.

($p < 0,05$) con diferencias significativas los días 0, 21 y 28 ($p < 0,05$).

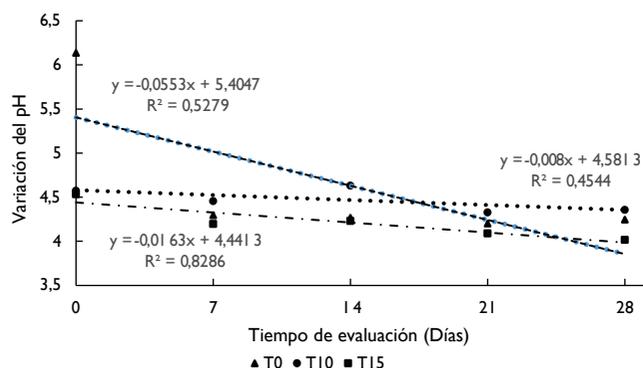


Figura 1. Variación del pH de los ensilajes durante 28 días de evaluación

El pH de los ensilajes analizados se acercó a 4 a partir del día siete, aunque se ha observado que al tercer día puede estar por debajo de dicho valor (Queiroz et al., 2013) como en ensilajes de maíz (3,67 y 3,8) (Weiss, Kroschewski & Auerbach, 2016). Un pH de 4 se considera adecuado para que las actividades metabólicas se detengan y el forraje se conserve (Mbatha & Bakare, 2018), aunque puede estar en 4,2 (Chen & Weinberg, 2014) y 4,25 (Romero et al., 2017) logrando mantener un buen estado, pero, en general, el rango óptimo está entre 4-4,5 (Palacio et al., 2016).

La reducción en el pH se relaciona con la acumulación de ácido láctico, pero su incremento se debe al crecimiento de organismos aerobios que, a su vez, aumentan la temperatura del ensilaje y pueden deteriorar los valores nutritivos hasta en 16% (Borreani et al., 2018).

Los ensilajes de T15 obtuvieron el pH más bajo y el mayor contenido de levaduras y enterobacterias debido a que estos microorganismos crecen a pH inferiores y empiezan a utilizar el lactato para reducir la acidez del medio (Borreani et al., 2018). Sin embargo, para evitar alto crecimiento de levaduras pueden utilizarse aditivos como el benzoato que tiene propiedades antimicóticas (0,1%) (Queiroz et al., 2013), bacteriocina para el control de *Enterococcus faecium*

(Amado, Fuciños, Fajardo & Pastrana, 2016) y el ácido propiónico para prevenir e inhibir el crecimiento de *E. coli* y otras enterobacterias (Ogunade et al., 2016).

Fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN). El contenido de FDN en las hojas de especies arbustivas y arbóreas varía por especie, en morera se ha encontrado valores de 27,8% (*Morus atropurpurea Roxb*), 26,2% (*Morus atropurpurea Roxb*), 27,5% (*Morus multicaulis Perr*) a los 60 días de corte (Wang et al., 2012). Y en el sauco (*Sambucus nigra*) 23,4% a los 90 días (Apráez et al., 2018). Valores que son inferiores a los observados en especies como alfalfa (*Medicago sativa*) a los 60 días de poda (35%), acacia negra (*Acacia decurrens*) a los 90 días (36,6%), rábano forrajero (*Raphanus sativus*) a los 35 días (52,4%), y altamisa (*Ambrosia arborescens*) a los 60 días (44,9%) (Apráez et al., 2018).

En este trabajo se observó que no hubo cambios marcados en la FDA (tabla 6) y la FDN (tabla 7) de los ensilajes, con diferencias significativas para la FDA únicamente en el T15 al finalizar el ensayo (28 días) ($p < 0,05$) (tabla 6). El comportamiento general fue de incremento de la FDA, lo que se relaciona con un mayor consumo de los carbohidratos en comparación con las paredes celulares durante el proceso de fermentación.

Este mismo se observó en la FDN de los ensilajes (tabla 7), que fue mayor a lo reportado en morera 16,4% (*Morus atropurpurea Roxb*), 17% (*Morus atropurpurea Roxb*), 17,6% (*Morus multicaulis Perr*) (Wang et al., 2012) y sauco 33,2% (Apráez et al., 2018). Lo que se asocia con la edad de las plantas, de modo que el contenido de fibra en los ensilajes no difirió con la aplicación de inoculante microbiano; esto mismo se ha obtenido con la aplicación simultánea de *Lactobacillus* y celulosa en ensilajes de alfalfa y se atribuye a las cepas utilizadas, temperatura y pH de los ensilajes (Dong-xia et al., 2018). Sin embargo, con la inoculación de BAL se ha reducido la concentración de lignina, aunque la concentración de FDA y FDN permanezcan constantes (Oliveira et al., 2017).

Tabla 6. Variación de la fibra detergente ácida (FDA) en los ensilajes en diferentes días de muestreo (0 y 21)

Día de muestreo	0	10	15
0	27,64 ± 0,39 ^a	27,7 ± 0,34 ^a	26,51 ± 0,11 ^a
28	28,52 ± 0,52 ^a	29,47 ± 0,61 ^a	28,45 ± 0,38 ^b

Subíndices con letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de Tukey con un $p < 0,05$. ±: error estándar.

Tabla 7. Variación de la fibra detergente ácida (FDN) en los ensilajes en diferentes días de muestreo (0 y 21)

Día de muestreo	0	10	15
0	34,54 ± 0,60 ^a	35,06 ± 1,03 ^a	34,59 ± 0,38 ^a
28	35,53 ± 0,63 ^a	36,84 ± 0,18 ^a	35,75 ± 0,26 ^a

Subíndices con letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de Tukey con un $p < 0,05$. %: coeficiente de variación. ±: error estándar.

Conclusiones

El uso de inoculantes bacterianos con *Lactobacillus* no siempre mejoran el contenido de proteína en los ensilajes ni reducen las pérdidas de materia seca; por ello, antes de ser utilizados debe corroborarse su efectividad, ya que pueden impactar el rendimiento volumétrico de la materia seca hasta en 13,57% por favorecer el crecimiento de BAL heterofermentativas, levaduras y enterobacterias que consumen los carbohidratos, los minerales y degradan las proteínas hasta en 2,1 unidades, proceso en el que hay incremento en la humedad que favorece la putrefacción del alimento. Se concluye que en ensilaje de morera (*Morus alba*) y sauco (*Sambucus nigra* L.) (50:50) cuando se logra condiciones de anaerobiosis y humedad inicial de 48,31%, no es necesario aplicar inoculantes bacterianos, ya que las bacterias ácido lácticas endófitas del material logran crecer en mayor proporción que levaduras y enterobacterias.

Reconocimientos

Los autores agradecen al grupo de investigación en Bioquímica y Nutrición Animal (GIBNA) por facilitar el procesamiento de las muestras en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, y a los semilleros por el apoyo en el trabajo de campo.

El artículo es resultado de la investigación “Elaboración de ensilajes para bovinos a partir de especies arbustivas” Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Año 2018.

Referencias

Akhtar, N., Hag, I., & Mirza, B. (2018). Phytochemical analysis and comprehensive evaluation of antimicrobial and antioxidant properties of 61 medicinal plant species. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(8), 1223-1235. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabj.2015.01.013>

Amado, I. R., Fuciños, C., Fajardo, P., & Pastrana, L. (2016). Pediocin SA-1: A selective bacteriocin for controlling *Listeria monocytogenes* in maize silages. *Journal of Dairy*

Science, 99(10), 8070-8080. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11121>

AOAC. (1984). *Official methods of analysis. Kjeldahl method*. 14th edition. Washington D. C.

Apráez, J. E., Delgado, J. M., & Narváez, J. (2018). Composición nutricional, degradación *in vitro* y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. *Livestock Research for Rural Development*, 24(3). <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24044.htm>

Ashbell, G., & Weinberg, Z. G. (1992). Top silage losses in horizontal silos. *Canadian Agricultural Engineering*, 34(2), 171-175.

Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952-3979. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13837>

Carvajal-Salcedo, T., & Cuesta-Peralta, A. (2016). Conservación y composición nutricional del follaje de sauco (*Sambucus nigra*). *Pastos y Forrajes*, 39(2), 125-132.

Chakraborty, B., Kundu, M., & Chattopadhyay, R. N. (2016). Organic farming with Bio-mulching— a new paradigm for sustainable leaf yield & quality of mulberry (*Morus Alba* L.) under rainfed lateritic soil condition. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 11, 31-37. <http://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.12.006>

Chen, Y., & Weinberg, Z. G. (2014). The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 406-410. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7098>

Daniel, J. L. P., Queiroz, O. C. M., Arriola, K. G., Daetz, R., Basso, F., Romero, J. J., & Adesogan, A. T. (2018). Effects of homo-lactic bacterial inoculant on the performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5145-5152. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13880>

Dong-xia, L. I., Kui-kui, N. I., Ying-chao, Z., Yan-li, L. I. N., & Fu-yu, Y. (2018). Influence of lactic acid bacteria, cellulase, cellulase-producing *Bacillus pumilus* and their combinations on alfalfa silage quality. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(12), 2768-2782. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62060-X](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62060-X)

- Ebling, T. L., & Kung, L. (2004). A Comparison of processed conventional corn silage to unprocessed and processed brown midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(8), 2519-2526. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73376-7](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73376-7)
- Eliás, A., Lezcano, O., Lezcano, P., Cordero, J., & Quintana, L. (1990). Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteínico en la caña de azúcar mediante fermentación sólida (*Saccharina*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 24(1), 1-12.
- Fonseca-López, D., & Borrás-Sandoval, L. (2014). Evaluation effect of fresh potatoes included in a food based meal, on production and milk quality in Holstein cows. *Ciencia y Agricultura*, 11(1), 55-65. <http://dx.doi.org/10.19053/01228420.3488>
- Fonseca-López, D., Saavedra-Montañez, G., & Rodríguez-Molano, C. E. (2018). Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 175-182. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7416>
- Ma, Z. X., Amaro, F. X., Romero, J. J., Pereira, O. G., Jeong, K. C., & Adesogan, A. T. (2017). The capacity of silage inoculant bacteria to bind aflatoxin B1 in vitro and in artificially contaminated corn silage. *Journal of Dairy Science*, 100, 7198-7210. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12370>
- Mbatha, K. R., & Bakare, A. G. (2018). Browse silage as potential feed for captive wild ungulates in southern Africa: A review. *Animal Nutrition*, 4(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.003>
- Ni, K. kui, Yang, H. xiao, Hua, W., Wang, Y. Ping, & Pang, H. li. (2016). Selection and characterisation of lactic acid bacteria isolated from different origins for ensiling Robinia pseudoacacia and *Morus alba* L. leaves. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(10), 2353-2362. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61251-5](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61251-5)
- Ogunade, I. M., Kim, D. H., Jiang, Y., Weinberg, Z. G., Jeong, K. C., & Adesogan, A. T. (2016). Control of *Escherichia coli* O157: H7 in contaminated alfalfa silage: effects of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4427-4436. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10766>
- Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A., Arriola, K. G., Jiang, Y., Kim, D., Li, X., Gonçalves, M. C., Vyas, D., Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4587-4603. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11815>
- Palacio, A., Bettucci, L., & Pan, D. (2016). Fusarium and Aspergillus mycotoxins contaminating wheat silage for dairy cattle feeding in Uruguay. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(4), 1000-1005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2016.06.004>
- Peyrat, J., Baumont, R., Le Morvan, A., & Nozière, P. (2016). Effect of maturity and hybrid on ruminal and intestinal digestion of corn silage in dry cows. *Journal of Dairy Science*, 99(1), 258-268. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9466>
- Queiroz, O. C. M., Arriola, K. G., Daniel, J. L. P., & Adesogan, A. T. (2013). Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5836-5843. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6691>
- Rodríguez-Salgado, A. M., Saavedra-Montañez, G. F., Fonseca-López, D., Borrás-Sandoval, L. M. (2019). Características de algunos preparados microbianos sobre el desarrollo biotecnológico en el sector agropecuario. *Infometric@-Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas*, 2(1), 39-50. <http://cienciometrica.com/infometrica/index.php/syh/article/view/65/64>.
- Rodríguez-Molano, C., Fonseca-López, D., Niño-Monroy, L. E., Salamanca-López, A. E., Hoyos-Concha, J. L., & Otero-Ramírez, I. D. (2019). Caracterización nutricional y de producción de biomasa de *Sambucus peruviana*, *Sambucus nigra* y *Morus alba* en un banco forrajero. *Ciencia en Desarrollo*, 10(2). <http://dx.doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.9098>
- Romero, J. J., Zhao, Y., Tiezzi, F., & Castillo, M. S. (2017). Laboratory silo type and inoculation effects on nutritional composition, fermentation, and bacterial and fungal communities of oat silage. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 1812-1828. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11642>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(1), 3583-3597. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Wang, W. X., Yang, H. J., Bo, Y. K., Ding, S., & Cao, B. H. (2012). Nutrient composition, polyphenolic contents, and in situ protein degradation kinetics of leaves from three mulberry species. *Livestock Science*, 146(2-3), 203-206. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2012.03.009>
- Weiss, K., Kroschewski, B., & Auerbach, H. (2016). Effects of air exposure, temperature and additives on fermentation characteristics, yeast count, aerobic stability and volatile organic compounds in corn silage. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 8053-8069. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10323>
- Zou, Y., Dong, S., Du, Y., Li, S., Wang, Y., & Cao, Z. (2016). Effects of moisture content or particle size on the in situ degradability of maize silage and alfalfa haylage in lactating dairy cows. *Animal Nutrition*, 2(3), 249-252. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2016.05.002>

Artículo de investigación

Estrategia didáctica para fortalecer la competencia de comunicación matemática por medio de la fotografía

Didactic strategy to strengthen competence in mathematical communication through photography

Estratégia didática para fortalecer a competência de comunicação matemática através da fotografia

Beatriz Tirado Carvajal^a | Élgar Gualdrón Pinto^{b,*} | Adriana Ávila Zárate^c

^a Institución Educativa Gonzalo Jiménez Navas, Floridablanca, Colombia

^b Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

^c Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia

- Fecha de recepción: 2019-02-05
- Fecha concepto de evaluación: 2019-09-09
- Fecha de aprobación: 2019-09-11
<http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.827>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Tirado Carvajal, B., Gualdrón Pinto, E., & Ávila Zárate, A. (2019). Estrategia didáctica para fortalecer la competencia de comunicación matemática por medio de la fotografía. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 102-112. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.827>

RESUMEN

Presentamos los resultados de una investigación que estudió el fortalecimiento de la competencia de Comunicación Matemática, empleando la fotografía como mediador instrumental del aprendizaje, en estudiantes de noveno grado de una institución pública colombiana, mediante la implementación de una unidad didáctica relacionada con el pensamiento variacional, fundamentada en la teoría de las Situaciones Didácticas de Brousseau. Se trató de una investigación cualitativa con enfoque metodológico de investigación-acción, sustentada teóricamente bajo los planteamientos de Eisner. Se partió de un diagnóstico del nivel de Comunicación Matemática de los estudiantes por medio de una prueba tipo ICFES. Luego, se implementaron acciones encaminadas a mejorar dicha competencia mediante una unidad didáctica constituida por guías-taller. Los resultados sugieren que la fotografía es un medio didáctico que permite generar procesos de comunicación y de vinculación de la cotidianidad con las matemáticas, además de permitir al estudiante establecer regularidades y propiedades, reproducirlas mediante lenguaje matemático, usar nociones y procesos que lo llevan a construir representaciones, verificarlas y ponerlas a prueba. Dentro de las conclusiones, se pudo establecer que el uso de la fotografía en las clases de matemáticas favorece la motivación en los estudiantes, lo que sugiere una estrategia para hacer las clases más interesantes para ellos.

Palabras clave: competencia comunicativa, estrategia didáctica, fotografía, pensamiento variacional, visualización



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: egualdron@unipamplona.edu.co

SUMMARY

We present the results of an investigation that studied the strengthening of mathematical communication skills, using photography as an instrumental mediator for learning. The study involved ninth grade students of a Colombian public institution, and it implemented a didactic unit related to variational thinking, based on the Brousseau theory of didactic situations. It was a qualitative investigation with an action-research methodological approach, theoretically supported by Eisner's approaches. The starting point was a diagnosis of the students' level of mathematical communication by means of an ICFES type test. Actions were then implemented to improve this competence by means of a didactic unit constituted by guides and workshops. The results suggest that photography is a didactic medium that allows the generation of communication processes and the linking of everyday life with mathematics, and allows students to establish regularities and properties, reproduce them through mathematical language, use notions and processes that lead them to construct representations, verify them and put them to the test. Among the conclusions, it could be established that the use of photography in mathematics classes favors students' motivation, making the classes more interesting for them.

Keywords: Communicative competence, didactic strategy, photography, variational thinking, visualization

SUMÁRIO

Apresentamos os resultados de uma pesquisa que estudou o fortalecimento da competência em Comunicação Matemática, utilizando a fotografia como mediador instrumental da aprendizagem, em alunos da nona série de uma instituição pública colombiana, por meio da implementação de uma unidade didática relacionada ao pensamento variacional, baseado na teoria das situações drásticas de Brousseau. Foi uma pesquisa qualitativa, com uma abordagem metodológica de pesquisa-ação, apoiada teoricamente pelas abordagens de Eisner. A pesquisa partiu de um diagnóstico do nível de Comunicação Matemática dos alunos através de um teste tipo ICFES. Em seguida, ações destinadas a melhorar essa competência foram implementadas por meio de uma unidade didática composta por guias-oficinas. Os resultados sugerem que a fotografia é um meio didático que permite gerar processos de comunicação e vinculação do cotidiano com a matemática, além de permitir ao aluno estabelecer regularidades e propriedades, reproduzi-las através da linguagem matemática, utilizar noções e processos que o levam a construir representações, verificá-las e testá-las. Nas conclusões, foi possível estabelecer que o uso da fotografia nas aulas de matemática favorece a motivação dos alunos, o que sugere uma estratégia para tornar as aulas mais interessantes para eles.

Palavras-chave: Competência comunicativa, estratégia didática, fotografia, pensamento variacional, visualização

Entender la fotografía como un diálogo entre el creador y el observador que la lee resulta de gran importancia en el ámbito educativo. A pesar de que el significado de la imagen es personal, siguiendo a Vera, Allende y Villamizar (2018), brinda una gran posibilidad como medio en el desarrollo de diversas temáticas a nivel escolar. En la medida que el observador se entienda a sí mismo como recreador, se enfrenta a un hecho de lectura que se abre a grandes posibilidades de desarrollo de conocimiento (Healey, 2016). No se trata solo de lo que el autor quería decir, sino de lo que recibió el lector y de lo que tiene que decirle al fotógrafo (Colorado, 2014).

Por su parte, las matemáticas están constituidas por un conjunto de conocimientos mediante los cuales los seres humanos interpretan aspectos de la realidad y resuelven problemas de la vida cotidiana (Godino, Batanero & Font, 2004). Cada uno de sus conocimientos se expresan por medio de un conjunto de símbolos con los que se establecen relaciones y operaciones, que adquieren significado. De esta forma, aprender matemáticas significa aprender a pensar, hablar y escribir un lenguaje matemático. Es así como se establece una conexión entre la cotidianidad y la matemática (Monroy, 2017); dicha conexión permite sugerir a la fotografía como un mediador instrumental de

aprendizaje. Este estudio contempla a la fotografía como eje central en el diseño de una estrategia didáctica basada en la teoría de las Situaciones Didácticas de Brousseau (2007), que aporte al aprendizaje significativo de los estudiantes de noveno grado de la institución educativa Gonzalo Jiménez Navas del municipio de Floridablanca, Santander, teniendo en cuenta los elementos de visualización propuestos por Gutiérrez (1991), para que hagan representaciones mentales que le ayuden a construir el conocimiento y, de esta forma, fortalecer su competencia comunicativa.

■ Marco teórico

Teoría de las Situaciones Didácticas

Con base en la teoría de Situaciones Didácticas de Brousseau (2007), una situación didáctica se concibe como un modelo de interacción entre el estudiante y el conocimiento a través de un medio o ambiente de aprendizaje, que es diseñado por el docente, en el que se tienen en cuenta los conocimientos previos y se promueve el aprendizaje autónomo, teniendo presente temas, reglas de interacción, materiales, un entorno, un medio y un procedimiento. De esta manera, se considera la fotografía como un mediador instrumental de aprendizaje con la que se diseñan situaciones de acción, de formulación y de validación:

- Situaciones de acción: en las que el estudiante entra en contacto con una actividad en donde la solución es básicamente el concepto que se quiere enseñar. Con este tipo de situaciones se pretende que el estudiante haga apreciaciones, proponga estrategias, tome decisiones, generalice, justifique, saque conclusiones y evalúe la eficacia de la experiencia para proponer nuevas estrategias que aborden la solución de un problema.
- Situaciones de formulación: en las que el estudiante propone modelos de solución de la situación teniendo en cuenta sus preconceptos, entra en comunicación con sus compañeros para elegir la mejor estrategia que permita la elaboración de conceptos o generalizaciones.
- Situaciones de validación: en las que el estudiante construye teorías, da argumentos para demostrar que sus razones son verdaderas, estas son puestas a prueba y son debatidas para llegar a un consenso.

Cabe preguntar ahora: ¿cuáles son las condiciones en las que se construye el conocimiento y los saberes? Según Brousseau (2007), los estudiantes se adaptan a las situaciones teniendo en cuenta la complejidad de las mismas, se debe crear la necesidad de “hacer descubrir” brindando diferentes tipos de información con el objetivo de producir nuevos conocimientos, que organizados y estructurados de manera lógica, los analicen, relacionen y generalicen para construir saberes y los pongan en práctica en la solución de situaciones contextualizadas (situaciones a-didácticas).

Visualización

Se parte de los planteamientos que hace De Guzmán (1996) al respecto, quien define la visualización de dos formas: por una parte, como un proceso mental para formar conocimiento y, por otra, como una competencia que se pone en práctica en la solución de problemas. Con la visualización es posible comprender diversos contenidos matemáticos utilizando la representación concreta; además, este proceso vincula la cotidianidad con las representaciones, permite abstraer propiedades y regularidades, hacer representaciones mentales, operaciones y generalizaciones para aplicarlas en la solución de problemas.

Otra definición en cuanto a este tema la hace Gutiérrez (1991), quien sugiere que la visualización está constituida por cuatro elementos: imágenes mentales, representaciones externas, procesos de visualización y habilidades de visualización (citado en Gualdrón, 2011).

Cabe preguntar ahora: ¿en qué consisten cada uno de estos cuatro elementos que constituyen la visualización?

[...] una *imagen mental* es cualquier clase de representación cognitiva de un concepto matemático o propiedad por medio de elementos visuales o espaciales; una *representación externa* es cualquier clase de representación gráfica de conceptos o propiedades incluyendo dibujos, bosquejos, diagramas, etc., que ayuda a crear o transformar imágenes mentales y a hacer razonamiento visual; un *proceso de visualización* es una acción mental o física en donde las imágenes mentales están involucradas. Las *habilidades de visualización* son aquellas que los individuos deben adquirir y perfeccionar para interpretar los procesos necesarios con imágenes mentales en la resolución de un problema (Gutiérrez, 1991, citado en Gualdrón, 2011, p. 49).

Este autor considera el proceso de visualización como una acción mental en donde entran en juego las acciones que se van a desarrollar y determina la interpretación de información figurativa (IFI, por sus siglas en inglés) que permite establecer convenciones, manejar vocabulario, hacer uso de diagramas, tablas y gráficas para hacer lecturas e interpretación de las mismas, y determina también el procesamiento visual (VP, por sus siglas en inglés) que permite reconocer patrones, establecer regularidades, analizar y sintetizar para resolver problemas.

En este orden de ideas, en el diseño de la unidad didáctica que se propuso en el estudio, se tuvo en cuenta que los procesos IFI y VP pudieran emerger con objeto de consolidar los aprendizajes deseables.

Teniendo en cuenta lo planteado con relación a la visualización, en esta investigación se consideran los mapas conceptuales como una forma de *representación externa* que permite a los estudiantes la construcción de su conocimiento. Esta herramienta les permite ser más autónomos, ya que participan de manera activa en la construcción del conocimiento (Novak & Musonda, 1991). Con los mapas conceptuales, los estudiantes pueden relacionar los conocimientos teniendo en cuenta sus pre-saberes, organizan los conocimientos de manera jerárquica y permiten ver el tema de manera integrada. Las representaciones mentales, por consiguiente, fortalecen el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya que promueve el desarrollo de procesos cognitivos, constructivos, metacognitivos y comunicativos.

Pensamiento variacional y modelación matemática

En la investigación se abordaron la visualización y la representación gráfica con relación al concepto de función, que es un tema fundamental del currículo de matemáticas de noveno grado (MEN, 1998).

De acuerdo con lo anterior, el pensamiento variacional está relacionado con lo que cambia y lo que permanece constante, teniendo en cuenta los patrones y regularidades con que se repiten en ciertos procesos (Ordóñez-Ortega, Gualdrón-Pinto & Amaya-Franky, 2019). Así, dicho pensamiento requiere el uso de procesos de modelación, brindando al estudiante la capacidad de reconocer propiedades y reproducirlas mediante lenguaje matemático, para

aplicarlos en la solución de situaciones en contexto de la vida cotidiana (Martínez-López & Gualdrón-Pinto, 2018).

Por otra parte, el componente de variación admite el uso de las tecnologías; según Vasco (2003), se puede recurrir a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para fortalecer el pensamiento variacional y ejercitar la modelación, utilizando la simbología y el lenguaje matemático para construir gráficas, tabular datos, asignarle valores a las variables, comparar resultados, describir cambios, elaborar conclusiones y generalizaciones, y, posteriormente, formular un modelo. En este sentido, se recurrió al uso de la página web www.desmos.com como elemento pertinente al momento de desarrollar guías-taller, con objeto de crear representaciones mentales y construir conocimiento.

Ahora bien, vincular la cotidianidad en la creación de conocimientos es viable mediante el uso de la modelación en donde los estudiantes entran en contacto con la realidad; en este caso, por medio de la fotografía, identifican relaciones entre elementos, reconocen patrones y establecen regularidades, los utilizan en la construcción de representaciones mentales, que luego plasman en un modelo, para su posterior uso en la solución de problemas. Esto los lleva a desarrollar habilidades para que argumenten, comprendan el lenguaje propio de las matemáticas, interpreten significados, construyan representaciones y modelos y los pongan a prueba.

La matemática por medio de la fotografía

Es una constante escuchar que la enseñanza de la matemática se hace basada en definiciones, fórmulas y algoritmos, lo que conduce a los estudiantes a “ver” la matemática como algo sin sentido, donde no se observan claramente aplicaciones en la vida cotidiana.

Con respecto a esta constante, Villa-Ochoa, Bustamante, Berrío, Osorio y Ocampo (2008) proponen dar a la educación matemática un nuevo enfoque, en el que se reduzca la brecha entre los conceptos y la cotidianidad. También, en este sentido, los lineamientos curriculares de matemáticas (MEN, 1998) y los estándares básicos de competencias en matemáticas (MEN, 2006) orientan las prácticas pedagógicas en la utilización de la matemática de una forma práctica y dinámica para la solución de situaciones del contexto.

Se piensa en la fotografía como medio para acceder al saber matemático, ya que con esta se pretende que los estudiantes registren de su entorno situaciones que estén relacionadas con conceptos matemáticos, para que con base en sus pre-saberes interpreten, relacionen, establezcan propiedades y patrones, usen lenguaje formal, construyan representaciones y modelos, que luego pondrán a prueba en la solución de situaciones matemáticas aplicadas en otros contextos.

Metodología

Diseño

La investigación presentó un enfoque cualitativo, enmarcado en un proceso de investigación-acción, teniendo como referentes los planteamientos de Carr y Kemmis (1990) y Eisner (1992). Dicho enfoque implicó el uso del diario pedagógico para registrar situaciones que se presentan en el aula de clase a lo largo del proceso y los avances de los estudiantes en el fortalecimiento del pensamiento matemático.

El estudio se desarrolló en cuatro fases, atendiendo a un proceso cíclico, que permitió reflexionar sobre la práctica pedagógica. Las fases de la propuesta, las actividades programadas y los recursos se encuentran condensados en la tabla 1.

Población y muestra

La investigación se desarrolló en el Colegio Gonzalo Jiménez Navas, ubicado en el municipio de Floridablanca, Santander, institución educativa de carácter oficial. La

población, objeto de estudio, estuvo constituida por 117 estudiantes de grado noveno. La muestra estuvo conformada por 36 estudiantes del grado 9-2 (14-17 años) matriculados para el año lectivo 2017.

Consideraciones éticas

La validación de la prueba diagnóstica y la prueba final se realizaron de manera interna, ya que se usó el material correspondiente a las pruebas Saber 9° del ICFES del 2014 y 2015, respectivamente, en el área de matemáticas, en particular lo relacionado con la competencia de comunicación en el componente variacional. La validación del contenido por un experto se hizo para determinar si los instrumentos elaborados: cuestionarios, guías-taller, modelo del diario pedagógico, autoevaluación y matriz de referencia, eran apropiados para lograr el objetivo propuesto en la investigación, teniendo en cuenta el contexto y las condiciones escolares.

Los miembros de la línea de investigación Educación Matemática, del Grupo de investigación Edumatest, perteneciente a la Universidad de Pamplona, validaron la totalidad de los instrumentos aplicados a los estudiantes.

La investigación se orientó bajo aspectos éticos que permitieron la puesta en marcha, ejecución, utilización de resultados y evaluación de la propuesta pedagógica dentro de la institución educativa; entre ellos, están la autorización del rector del Colegio Gonzalo Jiménez Navas y el consentimiento informado, firmado por los padres de familia, en donde de forma escrita se socializó la propuesta

Tabla 1. Fases de la investigación desarrollada

Fase	Actividad	Recursos
Diagnóstica	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba tipo ICFES • Encuesta 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba escrita selección múltiple • Fotocopias • Matriz de referencia
Diseño e implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de la estrategia • Registro en el diario pedagógico 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidad didáctica • Guías-taller • Fotografías • Mapas conceptuales • Fotocopias • Simulaciones (www.desmos.com) • Diario pedagógico
Rediseño de la estrategia	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los registros del diario pedagógico • Replanteamiento de la estrategia 	<ul style="list-style-type: none"> • Diario pedagógico • Matriz de categorías y subcategorías
Presentación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Contraste de resultados de la prueba inicial con la prueba final • Conclusiones y recomendaciones • Valoración de la efectividad de la propuesta 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados prueba inicial • Resultados prueba final • Matriz de referencia • Matriz de categorías y subcategorías • Resultados de la triangulación

y se solicitó su correspondiente autorización para la participación voluntaria de los estudiantes.

■ Análisis y discusión

A continuación, se presentan los análisis y resultados de la información recolectada, usando para tal fin las categorías y los protocolos establecidos, incluyendo la triangulación correspondiente entre el marco teórico, la reflexión pedagógica como resultado de la investigación-acción y registros consignados en el diario pedagógico.

En cuanto a la prueba diagnóstica, esta se diseñó con base en 10 preguntas estandarizadas incluidas en la prueba Saber del ICFES para el grado noveno, aplicadas en el 2014 y se encuentra liberada en Internet. Con base en los parámetros propuestos por el ICFES, se diseñó una matriz de referencia (véase tabla 2), con la que se determinó el nivel de competencia de los estudiantes. El nivel de desempeño de los estudiantes es mínimo en la competencia de Comunicación Matemática, ya que el 84,025% de los estudiantes responden de manera correcta únicamente a preguntas de nivel mínimo, el 39,81% responde de manera correcta a preguntas de nivel satisfactorio, y solo el 13,86% responde acertadamente a preguntas de nivel avanzado, confirmando así que se requiere una intervención para mejorar los resultados en cuanto a dicha competencia.

Ahora bien, teniendo en cuenta los registros en el diario pedagógico, se pueden reconocer algunos aspectos que inciden de manera significativa en estos resultados, pues a pesar de que los estudiantes asumieron una actitud positiva frente al desarrollo de la actividad, a varios se les dificulta leer, interpretar, relacionar, entender el lenguaje matemático y resolver situaciones problema.

En cuanto al diseño e implementación de la estrategia didáctica, las guías-taller tienen en cuenta la categoría: estrategia didáctica y sus correspondientes subcategorías e indicadores, así:

Habilidades para el procesamiento visual: en estos ejercicios se alude a ¿qué hace el estudiante? Se tienen en cuenta los indicadores de la subcategoría B, fotografía, como son: B1, interpreta y B2, relaciona. Los estudiantes resuelven ejercicios en los que vinculan la cotidianidad con la matemática mediante el uso de registros fotográficos y los describen de forma literal, reconocen patrones

y establecen regularidades entre distintas magnitudes que se les presentan.

Tabla 2. Matriz de referencia

Nivel	Competencia de comunicación Componente variación
Mínimo	<ul style="list-style-type: none"> Reconoce algunas relaciones funcionales representadas gráficamente Establece relaciones entre distintas magnitudes
Satisfactorio	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza lenguaje matemático para describir diferentes relaciones Establece relaciones entre expresiones numéricas y expresiones algebraicas
Avanzado	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza representaciones gráficas para modelar situaciones problema Establece relaciones de comparación entre diferentes gráficas

Habilidades para interpretar información: en estos ejercicios se alude a ¿cómo lo hace? Se tienen en cuenta los indicadores de la subcategoría C, comunicación, como son: C1, usa lenguaje matemático y B2, construye representaciones. Los estudiantes resuelven ejercicios en los que expresen relaciones encontradas, en lenguaje algebraico para modelar situaciones y, además, elaboran diagramas, tablas y gráficas utilizando expresiones numéricas y algebraicas.

Habilidades para sistematizar, predecir y resolver: alude a ¿qué pasaría si...? Se tienen en cuenta los indicadores de la subcategoría D, pensamiento variacional, como son: D1, construye mapas conceptuales y D2, verifica y pone a prueba. Los estudiantes resuelven ejercicios en donde harán representaciones mentales, construyen modelos usando nociones y procesos, recurriendo a la página web www.desmos.com; además, solucionan situaciones matemáticas relacionadas con variación, no rutinarias y de mayor dificultad, argumentando procesos.

En el proceso de diseño se tuvo en cuenta la teoría de las Situaciones Didácticas de Brousseau (1986), en donde inicialmente el estudiante actúa enfrentándose a la solución de ejercicios de manera individual, buscando fortalecer su autonomía y los procesos de visualización IFI y VP.

Las situaciones propuestas a los estudiantes parten de los registros fotográficos con los que interactúan con el entorno, de los que se seleccionan y que de manera intencionada sirvan para abordar los temas y diseñar las preguntas, en donde se requiere que los estudiantes realicen procesos visuales, como descripciones literales de

imágenes fotográficas, luego pasen a identificar en ellas los elementos que la componen y expresen cómo están relacionados dichos elementos. En este proceso inicial se tienen en cuenta los aspectos de la subcategoría B.

Inicialmente, en este tipo de ejercicios, a los estudiantes, aunque reconocen los elementos en cada fotografía, se les dificulta expresar con sus palabras lo que ven en las imágenes, les falta fluidez verbal, muestran timidez y falta de confianza para dar a conocer sus apreciaciones. A medida que se implementaban las guías-taller, el proceso de descripción literal mejoró: los estudiantes mostraron más organización en sus producciones y describieron más detalles de las imágenes presentadas. En cuanto al proceso de reconocimiento de patrones, establecieron regularidades y dieron argumentos con mayor fluidez. A partir de las fotografías, se propusieron ejercicios para elaborar diferentes conceptos relacionados con la variación. En esta parte del proceso, los estudiantes respondieron a preguntas planteadas con respecto a los procesos IFI y VP. Las situaciones matemáticas que componen las guías-taller se diseñaron para que los estudiantes observen la imagen y con el razonamiento visual, determinen los elementos que se encuentran en ella y establezcan regularidades.

En las figuras 1 y 2 se presentan algunas imágenes que ejemplifican los análisis anteriores.

Luego, se proponen ejercicios en donde los estudiantes pasan a trabajar en grupo, que atendiendo a Brousseau (1986), es en este momento donde hacen formulaciones,

discuten, argumentan y eligen un representante para hacer luego una puesta en común. Las situaciones propuestas responden al proceso de visualización *representación externa*, es el momento donde se requiere que los estudiantes expresen en símbolos matemáticos las relaciones, que de manera reiterada, encontraron en las imágenes; elaboren gráficas, diagramas y tablas. En esta parte del proceso se tienen en cuenta los indicadores de la subcategoría C.

En este tipo de ejercicios cabe destacar que, inicialmente, a los estudiantes se les dificulta expresar las relaciones que encuentran en una imagen de manera reiterada en símbolos; no tienen dominio de las expresiones algebraicas; presentan dudas para construir tablas de valores, pues se les dificulta calcular el valor numérico. En cuanto a la elaboración de gráficas, no recuerdan cómo ubicar puntos en el plano cartesiano; se les dificulta sacar conclusiones, les falta dominio en las argumentaciones, pues carecen del vocabulario matemático necesario para expresarlo de manera clara y fluida.

A medida que se implementan las guías-taller, los estudiantes van avanzando en su proceso, de tal forma que plasman por medio de representaciones externas las propiedades encontradas, recurriendo a la elaboración de tabla de valores y mediante símbolos matemáticos representen la variación de las magnitudes involucradas y, posteriormente, elaboran la gráfica correspondiente, analizando y argumentando algunas características de la gráfica dibujada. Al revisar las producciones elaboradas por

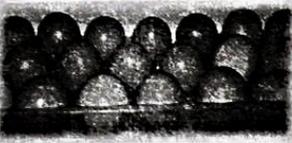
Imagen	1. Haz una descripción literal de la imagen.	2. ¿Qué elementos encuentras en la imagen y cómo están relacionados?
 <p>Fuente: D. Gaona.2017</p>	<p>Puedo ver que los huevos están en una base de plástico y están ordenados y cada huevo tiene su lugar</p>	<p>Elementos = huevos y una base de plástico Relación = Cada huevo tiene igual base</p>

Figura 1. Ejercicios categorías B1 y B2

 <p>Fuente: S. Cala.2017</p>	<p>Reobservar tablets ubicadas de igual manera también tiene cada uno su lugar en esta caja de cartón y veo que la foto está muy bien, el ángulo en que la tomaron</p>	<p>Elementos = tablets, Caja de cartón Relación = en esta imagen casi tiene relación ya que hay algunos espacios vacíos pero hay otros que sí tienen su lugar y están bien ubicados</p>
---	--	---

Figura 2. Ejercicios categorías B1 y B2

los estudiantes, se puede apreciar que han consolidado el proceso de visualización, puesto que han extractado información de las fotografías para resolver los ejercicios propuestos, dando argumentos “informales” para justificar: ¿qué hace? y ¿cómo lo hace?

En este momento del estudio, los estudiantes establecen relaciones entre las diferentes formas de expresar una función; se muestran más seguros del proceso; demuestran que conocen y manejan los conceptos; su capacidad de argumentar la ponen en juego en la solución de los ejercicios. En el desarrollo de las actividades se nota el progreso en cuanto al desempeño en la solución de situaciones matemáticas y la aplicación de los procesos de visualización IFI, VP y representaciones externas. El uso de la fotografía es favorable en la elaboración de representaciones mentales, pues recuerdan y asocian los conceptos con la solución de situaciones y demuestran que han afianzado el proceso de visualización; utilizan el lenguaje matemático a la hora de describir relaciones y han entrado en el proceso formal de modelación. En las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 se muestran evidencias de los avances presentados por algunos estudiantes en el proceso de representación externa.



Figura 3. Ejercicio categoría C1

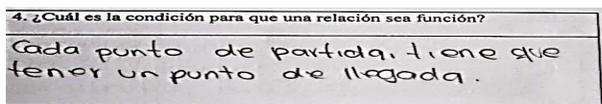


Figura 4. Ejercicio categoría C1

Lenguaje verbal	Lenguaje Matemático
"el doble de un número disminuido en 2"	$f(x) = 2x - 2$

Figura 5. Ejercicio categoría C2

Tabla de valores	Gráfica												
<table border="1"> <tr> <td>x</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>y</td> <td>-1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>	x	1	2	3	4	5	y	-1	0	1	2	3	
x	1	2	3	4	5								
y	-1	0	1	2	3								

Figura 6. Ejercicios categoría C2

1. Existe una relación entre el número de minutos que hablamos cuando realizamos una llamada desde un celular y el monto de dinero que debemos pagar. En cierta compañía si habla un minuto debe pagar \$ 100, si habla 2 minutos \$ 200, y así sucesivamente.

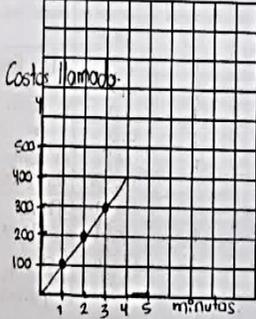


a. ¿Cuáles son las variables involucradas en este ejercicio? ¿Cuál es la variable dependiente? ¿Cuál es la variable independiente? # minutos → Variable Independiente
costo llamadas → Variable Dependiente

b. Escribe la función que relaciona las dos variables. $f(x) = 100x$
 $y = 100x$

c. Construye su tabla de valores y su correspondiente gráfica. Utiliza una escala adecuada.

x	y
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500



d. ¿Cuál es el valor de la pendiente de la gráfica y qué significado tiene dicho valor?

$$m = \frac{100}{1} = 100$$

Figura 7. Ejercicios categorías C1 y C2

Para continuar con el proceso, se pasó después a las situaciones de validación, en donde, según Brousseau (1986), el estudiante construye el conocimiento a través de modificaciones o adaptaciones de sus pre-saberes. De esta forma, se proponen situaciones en donde el estudiante fortalece sus procesos de visualización en cuanto a imágenes mentales y sus habilidades de visualización. Es en este momento donde los estudiantes hacen representaciones mentales y construyen modelos, que luego los verifican y ponen a prueba en la solución de situaciones matemáticas en otros contextos; son las llamadas situaciones a-didácticas propuestas por Brousseau (2007).

Para reforzar estos procesos, se acude a la modelación por medio de mapas conceptuales, utilizando los aspectos contemplados por Novak y Musonda (1991), con los que los estudiantes hacen representaciones mentales y construyen modelos de funciones, pendiente de una recta, función lineal, cuadrática, exponencial y logarítmica. También se utiliza la herramienta *desmos*, que le permite a los estudiantes realizar procesos de análisis alrededor de los cambios que ocurren a una gráfica si se varían algunos elementos de una función; facilitando de esta manera la transformación de las imágenes mentales y mejorar sus procesos de modelación. En esta parte del proceso se tienen en cuenta los indicadores de la subcategoría D.

Inicialmente, ante este tipo de situaciones, los estudiantes se apoyan en el trabajo colaborativo, dan opiniones, sacan conclusiones, eligen un representante y socializan lo trabajado, exponen sus ideas mediante mapas conceptuales. Las representaciones externas se aproximan regularmente a los parámetros establecidos.

A medida que se implementan las guías-taller, el proceso de representación mental va mejorando, aunque aún no se animan a trabajar de manera individual, pues manifiestan que tienen dudas en cómo organizar sus ideas. En cuanto a la competencia de comunicación, cabe anotar que el manejo de procesos de visualización avanza un poco más, ya que los estudiantes demuestran en sus acciones y en las respuestas, haber adquirido habilidades para elaborar conclusiones, hacer representaciones mentales de conceptos mediante la construcción de modelos.

El uso de la herramienta *desmos* permite afianzar los procesos de modelación, pues permite realizar gráficas de funciones de una manera sencilla y rápida. Este proceso les brindó bases con las que posteriormente construyeron mapas conceptuales y les permitió afianzar el proceso de visualización, ya que al hacer razonamiento visual, elaboran representaciones externas y, de esta manera, van creando imágenes mentales y adquieren habilidades para sistematizar, predecir y resolver situaciones justificando lo relacionado a ¿qué pasaría si...?.

Posteriormente, se proponen situaciones en donde deben establecer relaciones de comparación entre diferentes gráficas. En cuanto a la solución de situaciones problema, los estudiantes han mejorado sus habilidades para leer, interpretar, reconocer aspectos relevantes y proponer alternativas de solución, en donde tienen que verificar y poner a prueba sus conceptos. Las situaciones presentadas son de la vida cotidiana, situaciones matemáticas no rutinarias y de mayor dificultad, relacionadas con matemática financiera o con la asignatura de física. El proceso avanza al nivel en que los estudiantes establecen relaciones de comparación entre diferentes imágenes y utilizan representaciones algebraicas para modelar situaciones problema. En este momento del desarrollo, se observa que los estudiantes han adquirido un nivel de desempeño avanzado. En las figuras 8, 9 y 10 se muestra el avance de los estudiantes en la elaboración de mapas conceptuales.

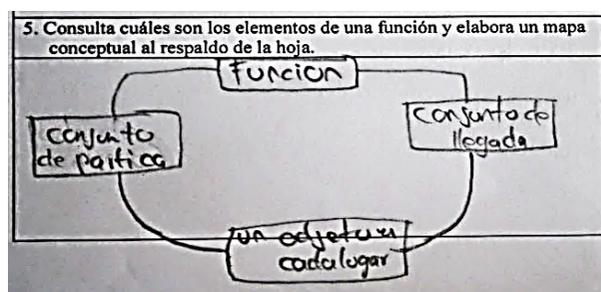


Figura 8. Ejercicio categoría D1

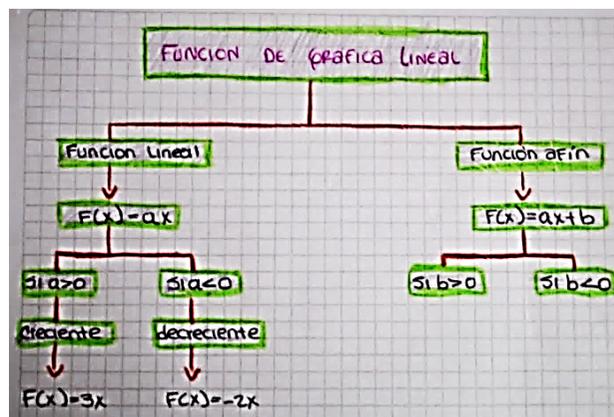


Figura 9. Ejercicio categoría D1

3. Para el desarrollo de la siguiente actividad, ingresa a la página www.desmos.com y con ayuda del simulador realiza las gráficas correspondientes a cada función.

Función $f(x) = mx + b$	Valor de la Pendiente (m)	Punto de corte con el eje y.	Describe los cambios en cada par de gráficas a medida que cambian los elementos m y b.
$f(x) = x$	1	(0,0)	La Recta se inclina mas.
$f(x) = 3x$	3	0,0	la Recta se vuelve decreciente al agregar el (-)
$f(x) = -x$	-1	0,0	
$f(x) = -2x$	-2	0,0	
$f(x) = x + 1$	1	(0,1)	el punto de corte con el eje x por encima y por debajo 0,0
$f(x) = x - 3$	1	(0,-3)	Tiene diferente punto de corte con y, pero son paralelos
$f(x) = 2x + 5$	2	(0,5)	
$f(x) = 2x - 5$	-2	(0,-5)	Cuando el producto de sus Pendiente es -1 los Rectas son perpendiculares.
$f(x) = -x - 5$	-1	(0,-5)	
$f(x) = x + 5$	1	(0,5)	

Figura 10. Ejercicios categoría D2

Con la implementación de las guías-taller, los estudiantes muestran que han afianzado el proceso de visualización, que les permite formar conocimiento y desarrollar habilidades y competencias para resolver situaciones cotidianas y, de esta forma, mejorar su competencia de Comunicación Matemática.

En cuanto a la efectividad de la estrategia didáctica implementada, se aplicó una prueba final de 10 preguntas, diseñada teniendo en cuenta la prueba Saber de noveno grado correspondiente al 2015 del ICFES, cuyos términos y condiciones de uso permiten su aplicación con fines investigativos. Para su análisis, se utilizó la matriz de referencia (véase tabla 2) y arrojó los siguientes resultados:

el 81,24% de los estudiantes responden de manera correcta a preguntas de nivel mínimo, el 61,09% responden de manera correcta a preguntas de nivel satisfactorio y el 34,17% de los estudiantes responden de manera correcta a preguntas formuladas de nivel avanzado. Comparado con los resultados que arrojó la prueba diagnóstica con la prueba final, se puede concluir que la implementación de la estrategia didáctica a partir de la fotografía, como mediador instrumental del aprendizaje, es pertinente para fortalecer la competencia de Comunicación Matemática.

■ Conclusiones

Por medio de la fotografía se puede lograr un aprendizaje significativo que le permite al estudiante asociar los conceptos con su correspondiente aplicación y, de esta manera, construir conocimiento. Sin embargo, la fotografía por sí misma no genera conocimiento, es necesario enmarcarla dentro de una didáctica que promueva una genuina comprensión y construcción de los conceptos matemáticos.

El introducir el uso de la fotografía en el currículo de matemáticas exige al profesor gestionar de manera diferente sus clases, así como la planificación del curso. En este sentido, a la fotografía se la puede considerar un mediador instrumental de aprendizaje útil para implementar estrategias didácticas que permiten desarrollar procesos de visualización y fortalecer la competencia de Comunicación Matemática.

Los mapas conceptuales, como representación externa, son útiles para fortalecer el desarrollo de procesos de pensamiento, pues le permiten al estudiante establecer relaciones significativas entre conceptos; además, el profesor puede determinar el grado de comprensión que los estudiantes han adquirido en el proceso de aprendizaje.

La estrategia didáctica centrada en la fotografía le permitió a los estudiantes mejorar sus habilidades de Comunicación Matemática como son: describir en forma literal lo visualizado en las imágenes, reconocer patrones, establecer regularidades entre magnitudes, usar lenguaje matemático para modelar situaciones, elaborar tablas, diagramas y gráficas utilizando expresiones numéricas y algebraicas, hacer representaciones mentales y construir modelos por medio de mapas conceptuales y resolver situaciones de aplicación en otros conceptos.

El uso de la página *www.desmos.com* fue acertado, pues generó motivación e interés, además posibilitó que los estudiantes establecieran comparaciones entre magnitudes, permitió establecer diferencias y regularidades a partir de la variación de algunos elementos en las funciones, fue un medio con el que el estudiante pudo desarrollar habilidades para sistematizar, predecir y determinar ¿qué pasaría si...?, facilitándole la elaboración de modelos y creación de conceptos.

Por último, los resultados sugieren que la fotografía es un medio que permite diseñar actividades en las que el estudiante contextualiza las matemáticas con la vida cotidiana, construye conocimiento alrededor de diferentes objetos matemáticos, y fortalece habilidades y competencias para resolver situaciones prácticas y reales.

■ Reconocimientos

Este artículo se derivó del trabajo de investigación de maestría Estrategia didáctica para fortalecer la competencia comunicación matemática a través de la fotografía, en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Gonzalo Jiménez Navas de Floridablanca, desarrollada en la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB).

■ Referencias

- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactiques des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 33-115.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Carr, W., & Kemmis, S. (1990). *Teoría crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca.
- Colorado, O. (2014). *How to read a photograph without dying in the attempt* [blog post]. Recuperado de <https://oscarenfotos.com/2013/10/07/lectura-fotografica/>.
- De Guzmán, M. (1996). *El papel de la visualización. Ensayos de visualización en análisis matemático*. Madrid: Pirámide.
- Eisner, E. (1992). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.
- Godino, J., Batanero, C., & Font, V. (2004). *Didáctica de las matemáticas para maestros*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada.

- Gualdrón, E. (2011). *Análisis y caracterización de la enseñanza y aprendizaje de la semejanza de figuras planas* (tesis Doctorado). España: Universidad de Valencia.
- Gutiérrez, A. (1991). Procesos y habilidades en visualización espacial. *Memorias del Tercer Congreso Internacional sobre Investigación en Educación Matemática*. España: Universidad de Valencia.
- Healey, D. (2016). Why your school be teaching photography. Recuperado de <https://www.tes.com/news/why-your-school-should-be-teaching-photography>
- Martínez-López, L. G., & Gualdrón-Pinto, E. (2018). Fortalecimiento del pensamiento variacional a través de una intervención mediada con TIC en estudiantes de grado noveno. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(1), 91-102.
- MEN. (1998). *Lineamientos curriculares de matemáticas*. Bogotá. Recuperado de http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-339975_matematicas.pdf.
- MEN. (2006). *Estándares básicos de competencias en matemáticas*. Bogotá. Recuperado de https://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/articles-116042_archivo_pdf2.pdf.
- Monroy, O. (2017). Las matemáticas en la vida diaria y la ciencia. *Iberoamérica divulga*. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Las-Matematicas-en-la-vida-diaria-y-la-Ciencia>.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28, 117-153. <https://doi.org/10.3102/00028312028001117>.
- Ordóñez-Ortega, O., Gualdrón-Pinto, E., & Amaya-Franky, G. (2019). Pensamiento variacional mediado con baldosas algebraicas y manipuladores virtuales. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(2), 345-360.
- Vasco, C. (2003). El pensamiento variacional y la modelación matemática. *XI CIAEM*, Brasil: Universidad Regional de Blumenau.
- Vera, L. A., Allende, J. J., & Villamizar, Y. E. (2018). Photographs as a pedagogical tool to strengthen the reading and writing competences. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 10(4), 20-33. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v10i4.609>.
- Villa-Ochoa, J. A., Bustamante, C., Berrío, M., Osorio, A., & Ocampo, A. (2008). El proceso de modelación matemática en las aulas escolares. A propósito de los 10 años de su inclusión en los lineamientos curriculares colombianos. *9º Encuentro Colombiano de Matemática Educativa*, Valledupar, Colombia. Recuperado de <http://funes.uniandes.edu.co/936/1/4Cursos.pdf>.

Artículo de investigación

La educación inclusiva para el colectivo docente es un reto que se asume en soledad

Inclusive education for the faculty is a challenge to be met alone

A educação inclusiva para os docentes é um desafio assumido na solidão

Andrea Hernández-Quirama^{a,*} | María del Pilar Oviedo-Cáceres^b

^a Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

^b Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-02-15
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-09-27
- **Fecha de aprobación:** 2019-10-07
<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.832>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Hernández-Quirama, A., & Oviedo-Cáceres, M. P. (2019). La educación inclusiva para el colectivo docente es un reto que se asume en soledad. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 113-125. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.832>

RESUMEN

Introducción. En Colombia solo el 4,9% de la población con discapacidad tiene título universitario. Lo anterior motivó la realización del estudio en la Universidad Industrial de Santander y en la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, orientado a describir las percepciones de la comunidad educativa de acuerdo con su interacción con estudiantes con discapacidad. **Metodología.** Investigación cualitativa, descriptiva exploratoria, se realizaron 33 entrevistas a la comunidad académica y se analizaron siguiendo el proceso de descubrimiento, codificación y relativización. **Resultados.** El colectivo docente experimenta dificultades en el proceso de enseñanza con estudiantes con discapacidad, pues no cuentan con formación, ni con herramientas pedagógicas para trabajar en el aula. Se identifica su voluntad y entrega para favorecer el aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave: docencia, universidad, discapacidad, pedagogía



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: ahernanq@uis.edu.co

SUMMARY

Introduction. In Colombia, only 4.9% of the population with disabilities has a university degree. This is what prompted this study to be conducted at Universidad Industrial de Santander and Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, aimed at describing the perceptions of the educational community according to its interaction with students with disabilities. **Methodology.** Qualitative, descriptive exploratory research: 33 interviews were conducted with the academic community and analyzed following a discovery, coding and relativization process **Results.** Teachers experience difficulties in teaching students with disabilities, as they have no training or pedagogical tools to work with in the classroom. Their willingness and dedication to favor student learning is identified.

Keywords: Teaching, university, disability, pedagogy

SUMÁRIO

Introdução. Na Colômbia, apenas 4,9% da população com deficiência possui diploma universitário. Isso motivou a realização do estudo na Universidad Industrial de Santander e na Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, com o objetivo de descrever as percepções da comunidade educativa de acordo com a sua interação com os alunos com deficiência. **Metodologia.** Pesquisa qualitativa, descritiva e exploratória; foram realizadas 33 entrevistas com a comunidade acadêmica e foram analisadas após o processo de descoberta, codificação e relativização. **Resultados.** O grupo de docentes tem dificuldades no processo de ensino de alunos com deficiência, pois não possuem ferramentas de treinamento ou pedagógicas para trabalhar na sala de aula. Identifica-se sua vontade e dedicação para promover a aprendizagem dos alunos.

Palavras-chave: Docência, universidade, deficiência, pedagogia

La población con discapacidad en el mundo asciende a mil millones aproximadamente, lo que equivale al 15% del total, de los cuales solo el 53,2% tiene primaria completa, (Organización Mundial de la Salud, 2011), lo que permite evidenciar la baja escolaridad que tiene este grupo poblacional.

En Colombia, la Encuesta Nacional de Calidad de Vida de 2012 arrojó que, de la población en condición de discapacidad encuestada en el rango de 18 a 39 años, solo el 23,6% afirmó haber concluido la media escolar (grados 10 - 13) y el 4,9% de la población cuenta con un título académico universitario. Además, es importante señalar que el 24,4% de la población en condición de discapacidad no alcanzó ningún nivel académico (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2013). En el mismo documento se evidencia que el 48% de la población, no culminó la educación básica, esto puede deberse, entre otras, al no reconocimiento del derecho a la educación para todos en las mismas condiciones, que es reivindicado por la Ley Estatutaria 1618 de 2013, que dicta que el Estado debe garantizar y además permitir

el acceso y la permanencia en el sistema educativo a las personas con discapacidad (PCD).

En lo referente a la escolaridad de las personas en condición de discapacidad, se encuentra que el grado de analfabetismo para la población con alguna discapacidad es tres veces mayor 22,5%, frente a la cifra nacional 7%, lo que demuestra inequidad y exclusión. Solo el 5,4% de las personas en condición de discapacidad que estudian terminan el bachillerato (Sarmiento, 2019).

Uno de los mayores desafíos que tienen las instituciones de educación superior, es dar respuesta a la heterogeneidad de sus estudiantes, encaminando sus acciones a disminuir las barreras de aprendizaje y fomentar la participación. En este sentido, el Comité de los Derechos de Personas con Discapacidad propone la inclusión a partir de un

proceso de reforma sistémica, incorporando cambios y modificaciones en contenido, métodos de enseñanza, abordajes, estructuras y estrategias de educación para superar las ba-

rreras, con la visión de ofrecer a todos los estudiantes una experiencia y un ambiente de aprendizaje igualitario y participativo, que corresponde a sus demandas y preferencias. Inserir estudiantes con discapacidad en las aulas tradicionales sin esos principios y modificaciones no constituye inclusión (Naciones Unidas, 2019).

Teniendo en cuenta el panorama anterior, se llevó a cabo un estudio en la Universidad Industrial de Santander (institución pública) y en la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga (institución privada), orientado a describir las percepciones de la comunidad educativa de acuerdo con su interacción con estudiantes en condición de discapacidad.

■ Metodología

Investigación cualitativa, descriptiva de tipo exploratorio, con el propósito comprender las condiciones de acceso y permanencia de las y los estudiantes con discapacidad en la Universidad Santo Tomás y en la Universidad Industrial de Santander de la ciudad de Bucaramanga. Este estudio contó con la participación de la comunidad académica: directivos, docentes, personal administrativo y estudiantes.

Como técnica de recolección de información se utilizó la entrevista semiestructurada (Britten, 1995), con preguntas abiertas que permitieron guiar la conversación y promovían la libre expresión, con una duración promedio de 60 minutos. Las preguntas interrogaban explícitamente a las personas sobre sus vivencias cotidianas de las personas participantes en su interacción con estudiantes con discapacidad y el proceso pedagógico llevado a cabo.

Las personas entrevistadas se identificaron a través de los directorios y registros institucionales, previa autorización para el suministro de la información. A partir de este primer mapeo se utilizó el muestreo por “bola de nieve”. El contacto se realizó a través de diferentes medios, de manera personal, por medio de llamada telefónica, correo electrónico o carta. A cada participante se le explicó los objetivos de la investigación, la metodología empleada y los resultados esperados del estudio. Se les solicitó su consentimiento informado escrito, previo aval del Comité de Ética de la Universidad Santo Tomás, para la realización de las entrevistas. En todo momento se garantizó el manejo ético, anónimo y confidencial de la información y de las personas participantes.

El desarrollo de las entrevistas se llevó a cabo en el 2018, durante un periodo de 10 meses, lográndose en total 33 entrevistas, distribuidas así: directivos y administrativos 16, docentes 8, estudiantes con discapacidad 7, compañeros de estudiantes con discapacidad 2.

Todas las entrevistas se grabaron en medio magnético, identificadas teniendo en cuenta la institución educativa y el rol del entrevistado, y se les asignó un número a cada una. Para el procesamiento de la información se utilizó el software ATLAS ti (v. 6.2).

El análisis de la información se llevó a cabo partir de los hallazgos dados en las entrevistas; por tanto, se siguió el proceso de descubrimiento, codificación y relativización de los datos (Taylor & Bodgan, 1990).

■ Hallazgos

A continuación, se presentan los hallazgos de la investigación distribuidos en las siguientes categorías: primera, “iniciativas de formación para la inclusión educativa”, la cual comprende las acciones realizadas por las Universidades en estudio, que si bien, son iniciativas preliminares, permiten evidenciar el interés de iniciar el camino hacia la inclusión. Es necesario hacer un proceso planeado, continuo, con seguimiento, que redunde en acciones contundentes orientadas a constituir, fortalecer y consolidar instituciones educativas incluyentes.

Segunda categoría, “vivencia al interior del aula de clase”, se presentan las situaciones que vive el personal docente ante un estudiante con discapacidad. Lo cual genera tensiones, por la falta de orientación, capacitación y apoyo en el proceso de enseñanza inclusiva. Lo que se constituye en un reto que debe sortear de manera individual. Como subcategorías se encuentran, “planeación de clases”, “desarrollo de la clase”, “la evaluación” un proceso que requiere flexibilidad, las cuales están asociadas a la cotidianidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Cada docente debe preparar las clases, que, en caso de tener un estudiante con discapacidad, requiere ajustes de acuerdo con el tipo y las demandas del estudiante, lo que se constituye en ajustes pedagógicos que, usualmente, son gestionados según la innovación, creatividad e interés de cada docente, para hacer de su aula un espacio incluyente. De la misma manera, ocurre con el desarrollo de la clase y la evaluación, lo que significa buscar alternativas para dictar y evaluar la asignatura considerando la diversidad de sus estudiantes.

Tercera categoría, “satisfacciones de la labor docente incluyente y del proceso de aprendizaje de los estudiantes”, donde se presenta el resultado percibido por el colectivo docente y por los estudiantes con discapacidad sobre las acciones implementadas para la inclusión. Las cuales, en general, son clasificadas como positivas y favorables para la educación incluyente.

■ Iniciativas de formación para la inclusión educativa

Según los datos presentados, el acceso a la educación superior para personas con discapacidad es limitado, lo que puede ser una explicación para la falta de preparación de la comunidad universitaria ante estudiantes con algún tipo de discapacidad, “la verdad es que no estamos entrenados, ni profesores, ni docentes, ni coordinadores, ni administrativos” [Mujer, Directiva UIS]. El colectivo docente reconoce que les faltan conocimientos, herramientas y manejo del tema, para poder atender desde su área de desempeño a personas con discapacidad. “No tenemos personas al interior de la unidad capacitadas en discapacidad. El equipo no está formado para dar atención a las necesidades educativas de personas con discapacidad” [Hombre, Directivo USTA]. Lo anterior, se identifica como un aspecto crítico, pues es necesario que el personal docente tenga rasgos personales y competencias básicas específicas y, a su vez, tenga la motivación para responder a las necesidades individuales de los estudiantes con discapacidad.

Sumado a lo anterior, identifican falencias comunicativas para relacionarse con estudiantes con discapacidad sensorial. El hecho de que se reconozca la necesidad, evidencia que existe sensibilidad sobre el tema y eso es una oportunidad para realizar ajustes al interior de las Universidades. “Nosotros no tenemos cómo atender una persona sordomuda, no tenemos nadie aquí que sepa lenguaje de señas, a mí me parece supremamente importante, porque si no ¿cómo nos comunicamos?” [Hombre, Directivo UIS].

Algunos docentes entrevistados manifiestan inquietudes referentes a la falta de conocimiento y capacitación sobre la inclusión en el aula de estudiantes con discapacidad; expresan que una vez ingresa el estudiante a la asignatura presentan dificultades, pues no se sienten preparados. En ocasiones, son los mismos estudiantes con discapacidad que se ofrecen a orientar la manera cómo puede facilitarse el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero esto

depende de la personalidad y liderazgo del estudiante, por tanto, no es usual. “El estudiante se ofreció para hacer una capacitación para los profesores de la escuela, creo que institucionalmente no estamos preparados” [Mujer. Profesora UIS]. Estos aspectos pueden afectar la calidad del proceso formativo de los estudiantes, pues en la medida que los docentes no cuentan con herramientas se verán enfrentados a retos cotidianos para garantizar la formación de sus estudiantes.

Si bien se han realizado esfuerzos puntuales para formar al personal de las Universidades, iniciativas como cursos cortos, diplomados, entre otros, para sensibilizar con relación al tema, estos han sido aislados y poco frecuentes.

Hace unos años diseñamos una propuesta que se llama “atención” o “formación inclusiva”, que tiene que ver con un diplomado para la atención a las capacidades diferenciales. Tiene una duración de más o menos cinco meses y se orienta para que los docentes puedan tener un mejor manejo de situaciones en el salón de clase [Hombre, Directivo USTA].

Las actividades formativas se han realizado por demanda de los docentes que tienen en sus clases estudiantes con discapacidad, que han manifestado dificultades en el proceso pedagógico, lo cual ha aportado elementos para ejercer su labor. “La universidad empezó a tomar conciencia que había estudiantes con discapacidad, entonces nos hicieron una capacitación, orientada a que no se pueden evaluar todos los estudiantes sin tener en cuenta su contexto, sus necesidades y sus prioridades” [Hombre. Profesor UIS].

Estas iniciativas se han hecho en alianza con otras instituciones y organizaciones de personas con discapacidad:

Ahora nos estamos articulando con la red de personas con discapacidad quienes están haciendo un diagnóstico para mirar las condiciones en que se encuentra la universidad, en lo que tiene que ver con lo actitudinal, infraestructura, estamos generando articulaciones para conocer más del tema y hacernos más fuertes en una universidad inclusiva [Hombre. Directivo USTA].

Según las necesidades que se van presentando y al interés de algunas personas de la comunidad universitaria, se realizan gestiones interinstitucionales para hacer alianzas que propendan por fortalecerse en la inclusión. “Ya iniciamos una capacitación con los funcionarios de la biblioteca

Gabriel Turbay, nos dieron una orientación de cómo hacer nosotros para poder abordar ese tipo de población” [Hombre. Directivo UIS].

Como se identifica, la formación y capacitación de la comunidad académica es una necesidad sentida, que se constituye en un factor fundamental para desarrollar procesos transformadores y sostenibles para hacer realidad la apuesta de universidades incluyentes. “El reto es cambiarles el chip a las personas y fortalecer las capacitaciones”. [Hombre. Directivo USTA]. “El reto más grande es preparar más docentes, capacitarlos para que abran su visión” [Mujer. Profesora USTA].

Se evidencia en los relatos de directivos, administrativos y docentes, que en las Universidades se han realizado algunas actividades sobre la sensibilización en el tema de discapacidad; sin embargo, son acciones aisladas, por tanto, no constituye un proceso continuo que permita alcanzar realmente ser instituciones incluyentes e impactar en la comunidad universitaria.

■ Vivencia al interior del aula de clase

El proceso de enseñanza-aprendizaje al interior del aula con estudiantes con discapacidad, es, sin duda, un reto que asume el personal docente sin acompañamiento, orientación, formación o herramientas adecuadas. Lo que les hace sentir que se encuentran solos. Para el personal docente, contar con estudiantes con discapacidad en su aula se constituye en un aspecto que genera retos para el desarrollo de la clase, específicamente para el caso de aquellos con discapacidad sensorial tipo visual y auditiva. Pues deben implementarse ajustes en las diferentes etapas del proceso educativo. En este sentido, no cuentan con herramientas pedagógicas al respecto, por lo cual cada uno de forma personal y de acuerdo con sus habilidades individuales asume e incluye acciones que le permitan llevar a cabo las fases de la formación (preparación, desarrollo de clase, evaluación, ajuste de materiales, entre otros):

Entró un estudiante con asperger, yo dije que teníamos que pedir ayuda porque no somos expertos en discapacidad, necesitamos un curso, algo sencillo que pudiera ayudarles a docentes sobre las formas como ellos aprenden, pero no se hizo. Seguimos estando solos. Me refiero a solos porque hace falta profesionales en educación inclusiva para acompañar esos casos especiales [Hombre. Profesor USTA].

Los docentes manifiestan que cuando ingresa a su asignatura algún estudiante con discapacidad intentan buscar alternativas, apoyo para fortalecer el proceso pedagógico, dado que reconocen que no tienen los elementos ni conocimientos. Hacen solicitudes a la unidad respectiva en su universidad, pero no siempre obtienen una respuesta. Esto se da posiblemente porque las mismas instituciones no se encuentran preparadas, ni con procesos o rutas claramente definidas sobre la inclusión, lo cual es un indicador del trabajo que está pendiente por hacer para incluir estudiantes con discapacidad en la universidad.

La primera recomendación fue pedir ayuda porque ninguno de los que estábamos ahí sabíamos qué era hipoacusia, no sabíamos cuáles limitaciones podía tener. Se pidió apoyo, pero la verdad ese acompañamiento no se hizo, se reportó, pero nunca se hizo [Hombre. Profesor USTA].

El que no se cuente con las herramientas necesarias, ocasiona en el personal docente, sentimientos de temor frente a la forma de llevar a cabo su clase y de garantizar el aprendizaje de sus estudiantes. “Al principio se tenía mucho temor para facilitar el proceso de ellos, se era temeroso de lo que pudiera pasar en el aula, aunque los compañeros no fueron discriminatorios, siempre acogedores” [Mujer. Profesora USTA]. En este caso particular, la docente experimenta inquietudes sobre el proceso de inclusión del estudiante con discapacidad y de la respuesta y el manejo que debe realizar en el grupo.

Las primeras reacciones que tienen los docentes ante un estudiante con discapacidad en su aula son de resistencia, por el reto que implica realizar ajustes pedagógicos a la asignatura, aunado a la falta de elementos, acompañamiento y orientación para hacerlos:

Para ser honesto, al principio tuve mucha resistencia y esa es la primera reacción de una persona que no está preparada, y pensé: ¿por qué a mí, pero yo por qué? ¿Por qué me van a poner a mí en una situación de estas?, si yo no estoy preparado, yo me siento maniatado. Luego lo tomé de la mejor manera, pues me pareció un buen reto pedagógico. Desde el punto de vista inclusivo, es un estudiante más en el salón de clase, usted no lo puede desagregar, no lo puede sacar, tiene que estar ahí y la idea es que se pueda sentir parte de un grupo social [Hombre. Profesor UIS].

Sin lugar a duda, el proceso de enseñanza-aprendizaje de forma diferenciada es una respuesta a la heterogeneidad

del grupo de estudiantes, contribuye a disminuir las brechas y, su vez, garantizar la disminución de la deserción universitaria de los estudiantes con discapacidad.

■ Planeación de clases

El personal docente de manera individual y autodidacta busca diferentes estrategias pedagógicas para implementar en el aula, incluyendo la participación de todos los sentidos para facilitar el aprendizaje. Nuevamente se resalta que estos ajustes se hacen para aquellos estudiantes con discapacidad sensorial visual y auditiva. “Planear que en las actividades de clase hubiese otros sentidos involucrados, que hubiera muchas cosas que tuvieran que ver con tacto, con oído, para no estar siempre dependiendo de la mirada ojo céntrica de los procesos educativos” [Mujer, Profesora UIS].

La individualidad de cada docente incide en la manera cómo asuman la necesidad de realizar modificaciones pedagógicas para su asignatura; sin duda, esto implica más trabajo, dado que deben estudiar y establecer mecanismos alternativos para la clase:

Con las personas con discapacidad psicocognitiva es un poquito más complejo. Tuve que buscar mucha información para entender un poco qué es el espectro autista. Por iniciativa propia estudié bastante para mirar cómo podía ayudar, con qué lenguaje dirigirse, entendí que los tenía que tocar en el hombro para que me pudieran mirar, ahora ya entiendo que necesita que me comunique de otra manera [Mujer, Profesora UIS].

Recurren a diversas estrategias como revisar otras experiencias para lo cual se apoyan en el Internet, además buscan de manera creativa hacer ajustes metodológicos para la clase:

Me tocó solita, buscando lo que había aprendido en la universidad. Para el estudiante con discapacidad visual traté de hacerlo lo más sencillo, decidí hacerlo con mucho audio, dictado, con toda la calma del siglo, pues es más fácil cuando uno tiene asociación de imagen-palabra [Mujer, Profesora USTA].

Es necesario insistir que este tipo de respuestas e interés por hacer de sus clases un ejercicio pedagógico incluyente, es realizado por los docentes sin mayor orientación institucional.

Además de los ajustes en la manera de dictar la clase, deben hacer ajustes al contenido de la asignatura, según las necesidades y características particulares de cada estudiante. “El estudiante que tenía implante coclear, tenía evidentes deficiencias en su producción oral. Lo que decidí es que iba a trabajar la competencia comunicativa desde dos habilidades: lectura y producción escrita” [Mujer, Directiva USTA].

Según las necesidades específicas de los estudiantes con discapacidad, los docentes indagaron y al conocer más las particularidades requeridas, implementan acciones para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje “Yo no podía escribir con marcador porque él no veía, me tocaba proyectar y hacer todo lo que iba a escribir en documento Word ampliado” [Hombre, Profesor UIS]. Estos ajustes así parezcan sencillos, implican un proceso: primero, identificar la necesidad; luego, estudiar la alternativa que facilite la inclusión, diseñarla, implementarla y hacerle seguimiento.

Si los docentes han tenido la posibilidad de acceder a capacitaciones relacionadas con el tema, esta formación les facilita herramientas para realizar los ajustes pedagógicos pertinentes:

Le traía muchas imágenes, pues al cristalizar la idea era más fácil para él trabajar. La última parte del proceso fue la escritura, cuando ya hice el diplomado en educación inclusiva que nos dio la universidad y a partir de las lecturas que también hacía, comprendí que la parte escrita era lo más complicado, pues no manejan adjetivos, expresiones, son muy puntuales, concretos. Al final logramos construir párrafos pequeños con sentido [Mujer, Profesora USTA].

Vale la pena resaltar que adicional a la carencia de procesos formativos para la inclusión educativa, los esfuerzos individuales que hacen los docentes no son reconocidos, acompañados, ni valorados económicamente por la institución:

Con la estudiante trabajábamos la parte del habla y escucha, como nosotros somos de cátedra no nos pagan horas de asesoría, pero con ella decidí hacerlo voluntariamente, nos encontrábamos y trabajamos, afortunadamente la niña era bastante dedicada y le fue bien, ella logró superar el curso [Hombre, Profesor UIS].

Por otra parte, el trabajo que realiza el equipo docente no es conocido por los niveles administrativos o directivos, posiblemente por la división académico administrativa,

además del tamaño de las universidades. “Nosotros no nos hemos enterado de las experiencias de los profesores que han tenido estudiantes con discapacidad, no hemos tenido mayor identificación de casos” [Hombre. Directivo USTA].

Sin embargo, también se encontraron profesores que no hacen ningún tipo de ajuste pedagógico, posiblemente por el tipo de discapacidad del estudiante que no ha requerido ajustes particulares. “Como él nunca demostró una limitación, nunca se notó en clase que tenía hipoacusia, yo seguí mi clase normal. Nunca tuve que hacer un ajuste curricular, ni en evaluación, ni en el desarrollo de una clase” [Hombre. Profesor USTA]. Situación que se presenta porque los estudiantes no se identifican con una discapacidad, ni solicitan ningún tipo de ajuste para su proceso de aprendizaje, además incide el tamaño del grupo de clase, si son muy grandes es más complicado para el docente hacer un seguimiento y acompañamiento más cercano:

He tenido estudiantes con baja visión, este semestre tengo una persona con discapacidad auditiva y no les gusta mencionar el tema, me vine a enterar hace poco. Tuve otro con daltonismo, él me lo mencionó y se pudo trabajar de la mano para ver cómo percibía los colores. No tuve que hacer ningún ajuste curricular [Hombre. Profesor USTA].

Los estudiantes realizan un papel activo para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, orientan sobre las maneras que se puede dictar la clase según sus necesidades, solicitan asesorías, entre otras. “No recuerdo haber hecho ajustes basado en la condición del estudiante, porque en cierta medida él facilitó las cosas haciendo asesorías. Se le dio el mismo tratamiento que a todos y lo adicional él mismo lo buscó” [Hombre. Profesor USTA].

■ Desarrollo de la clase

Las tendencias actuales de la docencia y del ejercicio pedagógico promueven el uso de herramientas tecnológicas que no necesariamente están pensadas para las personas con discapacidad, esto hace que los docentes se vean enfrentados a una ruptura entre los modelos pedagógicos propuestos y la cotidianidad en el desarrollo de la clase:

La pedagogía que promueve la universidad, es que se usen medios audiovisuales, en algunas clases yo uso diapositivas y con el estudiante esos medios son completamente obsoletos porque no ve. Lo que hice por sugerencia de él, es que cuando se presenten fotos, otro estudiante describa la

imagen, fue muy curioso porque el día que yo le pedí a una de las estudiantes que describiera, no sabía qué decir [Mujer. Profesora UIS].

Estamos tan acostumbrados a nuestra realidad, que damos por hecho de que todas las personas perciben de la misma manera y ante algo tan básico como describir lo que vemos, nos podemos quedar cortos.

Lo anterior, es ratificado por estudiantes quienes reconocen las acciones de los profesores para facilitarles su proceso de aprendizaje:

Una clase me gustaba muchísimo, que era muy incluyente, cualquier imagen que colocaba la describía, y les preguntaba a los estudiantes ¿qué hay en la imagen?, porque muchas veces las personas que ven se les olvida describir lo que están viendo, eso como que les da esa facilidad para poder describir. También recuerdo una clase sobre los sentidos, toda en audio y en tacto, impresionante [Hombre. Estudiante UIS. Discapacidad visual].

Hasta para los estudiantes con discapacidad es sorprendente que se busquen alternativas y realicen acciones para generar la inclusión.

En el desarrollo de la clase, todas las personas que participan pueden aportar, los compañeros, docentes y estudiantes tienen un papel fundamental en la dinámica y acceso a la información de las personas con discapacidad. “Yo sé que yo hablo muy rápido, entonces los compañeros del estudiante siempre me recordaban y decían que hablara despacio” [Hombre, Profesor USTA]. Los estudiantes con discapacidad manifiestan que sus compañeros de clase son solidarios y aportan para facilitar el proceso de aprendizaje:

Mis compañeros cuando tenía materias como estadística, lo que hacía era prestar atención y después pedir prestado los apuntes para hacer alguna de las dos cosas. Me ayudan muchísimo, han aprendido a ser más comprensivos, ya saben que las diapositivas deben tener un fondo oscuro porque a mí se me facilita más [Mujer. Estudiante UIS. Discapacidad visual].

Este proceso implica corresponsabilidad, compromiso de todas las personas con la inclusión.

Por otra parte, se evidenciaron situaciones que pueden ser motivadas por desconocimiento del tema, lo cual genera inconvenientes en la relación estudiante y docente:

Tuve una mala experiencia con un profesor, porque él creyó que le estaba tomando del pelo, me dijo que por qué no le escuchaba, que le estaba mamando gallo (sic), entonces se puso bravo y yo le dije profe es que tengo deficiencia auditiva y él me dijo no le creo, entonces el representante de estudiantes me defendió, le dijo profe él no le está mintiendo, él tiene una deficiencia auditiva, debería tener respeto [Hombre. Estudiante USTA. Discapacidad auditiva].

Posiblemente, el no ponerse en el lugar de la otra persona, influye en desconocer sus particularidades, sus necesidades y, por ende, la diversidad.

Los estudiantes buscan estrategias que faciliten su proceso de aprendizaje, entre las que se encuentran: conversar con sus docentes y establecer acuerdos para el desarrollo de las sesiones de clase, ajustes para la revisión de materiales, adaptación de medios audiovisuales, entre otros, para que con las modificaciones o ajustes sencillos en la metodología tengan equidad de condiciones para las clases:

Me le acercaba al profesor y le decía yo soy una persona con discapacidad visual, será que podemos hacer algunos ajustes, no puedo presentarle trabajos en PowerPoint, puedo presentárselos en Word, y dijo que sí, así que todos los profesores muy asequibles en ese sentido. También les pedí que si me podían enviar las lecturas en pdf y por correo electrónico para poderlo leer en un programa lector [Hombre. Estudiante UIS. Discapacidad visual].

Al reconocer sus necesidades buscan alternativas como llevar sus propios elementos:

Yo siempre desde primaria cargaba un marcador de color negro y rojo, porque son los que más se me facilita ver. Yo le hacía la petición de que escribiera un poco más grande y con ese marcador para facilitar las cosas [Mujer. Estudiante UIS. Discapacidad visual].

Si bien, algunos estudiantes con discapacidad le presentan alternativas a sus docentes para facilitar el proceso de aprendizaje, estas deben ser acogidas e implementadas por el personal docente.

Por lo general, los compañeros de clase son solidarios con los ajustes que se requieren hacer para facilitar el proceso pedagógico:

cuando estamos en los salones de clase y había una presentación en PowerPoint se necesitaba que la luz fuera muy

mínima para poder ver, y la ubicación dentro del salón siempre tenía que ser en la parte delantera para poder garantizar que estuviese pendiente del desarrollo de la clase; para hacer trabajos debíamos estar en un salón casi a oscuras, con el computador a muy bajo brillo para garantizar que pudiera ver y no se le cansara tanto la vista [Hombre. Compañero UIS. Estudiante discapacidad visual].

“Fue interesante porque era tanto un reto personal como grupal para ayudarlo a que pudiera cumplir con todos sus compromisos académicos” [Mujer. Compañera UIS. Estudiante discapacidad visual]. Lo que ratifica que la participación de los pares, sin duda, facilita el proceso de inclusión.

Si bien el colectivo docente en el momento que llega a su clase un estudiante con discapacidad se enfrenta a la necesidad de realizar ajustes pedagógicos, estos deberían estar establecidos o considerarse previamente para así promover una educación inclusiva, y así es percibido por los compañeros: “se puede identificar que muchos profesores no cuentan con la formación para atender y responder a las necesidades específicas de la población con discapacidad en el proceso formativo” [Hombre. Compañero UIS. Estudiante discapacidad visual]. La educación inclusiva requiere la participación y compromiso de la comunidad universitaria: “Uno no está preparado para las personas con discapacidad y la universidad tampoco brinda las herramientas necesarias” [Mujer. Compañera UIS. Estudiante discapacidad visual].

Planear ajustes, modificaciones e innovar de manera creativa para generar aulas incluyentes, es un ejercicio que implica un esfuerzo, que requiere apoyo y acompañamiento, los cuales en muchas ocasiones no se reciben de manera oficial en las instituciones. Lo que genera que cada docente, de acuerdo con sus intereses, con su personalidad, y con sus capacidades respondan de manera diferente ante el reto de incluir un estudiante con discapacidad. Motivo por el cual, se hace pertinente y necesario institucionalizar procesos, materiales y acompañamiento pedagógico para la enseñanza inclusiva.

■ La evaluación, un proceso que requiere flexibilidad

Así como el personal docente replantea el desarrollo de la clase y los materiales de apoyo, la evaluación también requiere ajustarse para favorecer el acceso a la información y un desempeño adecuado en dichas pruebas. “En los previos

le permití que utilizara el computador, cuando terminaba él me lo copiaba en la memoria. Las preguntas a él se las leía y a los otros compañeros se las escribía en el tablero” [Mujer. Profesora UIS]. Nuevamente, estas actividades generan esfuerzos adicionales para el ejercicio docente, pues se aplican dos tipos de metodología simultáneamente:

El estudiante tenía una visión parcial, la letra debía ser ampliada, las impresiones debían ser bastante grandes, él sí podía trabajar, pero le tocaba pegado a los ojos, yo intenté evaluarlo en la parte de habla y de escucha, pues de todos modos la parte de escritura era un poco difícil para él, estaba en cierta desventaja comparado con los otros compañeros [Hombre. Profesor UIS].

Estos ajustes dependen de la disposición de los docentes, así como de los acuerdos que realicen con los estudiantes.

En ocasiones, los ajustes requieren mayor complejidad, como hacer adaptaciones al programa y a lo que se espera en el cumplimiento de las competencias de formación:

Se decidió que la producción del estudiante iba ser escrita y lo que iba a recibir era lo que leyera. Se suprimieron las evaluaciones que tenían que ver con *listening* y *speaking* porque sabíamos que no iba a tener la misma ventaja. No lo desescolarizamos, la respuesta del muchacho fue muy positiva, iba a todas las clases normales, pero tenía una hora de asesoría especial siempre con su profesora [Mujer. Directiva USTA].

Realizar este tipo de modificaciones, demanda diseñar estrategias que permitan alcanzar los objetivos pedagógicos, con los cambios implementados.

Estos ajustes no significan que la evaluación se realiza de forma preferencial o con baja exigencia que afecte la calidad de la formación, por el contrario, facilitan identificar el aprendizaje y hacer un adecuado seguimiento al desempeño de los estudiantes, considerando sus diversidades y necesidades particulares:

Yo decidí que cuando él presentará los exámenes no lo hiciera con el curso, primero porque les tomaba trabajo y como los demás estaban haciendo presión porque se estaba acabando el tiempo, él se sentía un poco responsable. Entonces, se hizo aparte para reducirle eso y dejarlo en igualdad de condiciones, el muchacho pudo hacerlo y lo hizo por sus métodos, fuera de eso estaba tomando tutorías en bienestar [Hombre. Profesor UIS].

Los mismos estudiantes con discapacidad solicitan el mismo nivel de exigencia en el cumplimiento de los compromisos académicos:

Él fue muy enfático, en pedir que lo trate igual que a los otros, creo que hizo mucho énfasis en que no debe ser tratado como menos en términos de sus notas, de la exigencia. Me pidió exíjame igual que a otros, solo algunas cosas básicas para facilitarle la vida, lo del usar el computador para el parcial [Mujer. Profesora UIS].

Las evaluaciones y la asignación de una nota en ocasiones pueden generar condicionamientos para el proceso de enseñanza-aprendizaje:

La idea era que el estudiante aprendiera, en mi caso la nota pues es el requisito que pide la universidad, yo lo que estaba mirando era que en verdad aprendiera y que el proceso se llevará a cabo desde el punto de vista del habla y escucha [Hombre. Profesor UIS].

En ocasiones, el diseño del sistema educativo es contrario a la implementación de acciones innovadoras que generen inclusión.

Los compañeros establecen estrategias al interior del aula, como acciones que apoyan a los estudiantes con discapacidad para el momento de la evaluación, haciendo grupos de estudio, facilitando espacios para revisar documentos o realizar trabajos. “Si teníamos que quedarnos para leer o para alguna cosa, pues hablaba con alguna compañera” [Hombre. Estudiante UIS. Discapacidad visual].

Para algunos docentes, el proceso de ajuste evaluativo no fue sencillo, dado que cada tipo de discapacidad requiere de acciones distintas:

En la evaluación me costó trabajo, pues la persona con discapacidad visual no podía contestarme un cuestionario, entonces todo lo enfocaba a hacerle preguntas. Con las personas con discapacidad auditiva era más fácil porque lo que no hacíamos era la competencia auditiva, hacia todo lo demás, vocabulario, lectura [Mujer, Profesora USTA].

Ningún docente manifestó obstáculos o retos con el desarrollo de la formación con estudiantes con discapacidad física; sin embargo, desde la perspectiva de los estudiantes con movilidad reducida sí se evidencian dificultades para el acceso al aula de clase, para presentarse puntualmente a las

horas de inicio de cada encuentro, lo cual se explica por las barreras arquitectónicas en el diseño de las universidades.

El tiempo entre clases es bastante limitado, pues siempre hay un corre, corre que tiene que llegar rápido, que deben ser puntuales y las personas que tenemos dificultades de la movilidad es más limitada. Si sales de una clase de 8 a 10 y tienes clase de 10 a 12 y son en esos edificios que están en la parte alta de la universidad o deportes y luego tienes que llegar al otro extremo de la universidad, te toca moverte rápido y uno no se puede movilizar en un ritmo normal [Hombre. Estudiante discapacidad física. UIS].

Solo de manera aislada algunos docentes abordan a los estudiantes para indagar sobre las dificultades o necesidades de movilidad. “Recuerdo que en la clase de inglés el profesor me preguntó, me dijo venga usted puede subir o cambiamos de salón si quiere podemos pasarnos para el primer piso” [Hombre. Estudiante discapacidad física. UIS]. En ocasiones, algunos docentes, se sienten cohibidos al indagar a los estudiantes sobre su discapacidad. Por tanto, esperan que el estudiante con discapacidad sea el que lo aborde para plantearle alternativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

■ Satisfacciones de la labor docente incluyente y del proceso de aprendizaje de los estudiantes

Pese a los temores y resistencias presentadas al inicio del proceso pedagógico cuando un profesor tiene en su asignatura un estudiante con discapacidad, en general, valoran la experiencia, como algo enriquecedor para su ejercicio profesional y su desarrollo personal. “Desde el punto de vista profesional una cosa bastante enriquecedora, fue un reto” [Hombre. Profesor UIS]. Situación que se fortalece cuando se presenta la oportunidad de realizar un proceso más cercano, como la dirección de trabajos de grado, donde hay más posibilidades de encuentro y acompañamiento. “Cuando presentó el trabajo de grado fue algo muy bonito porque en cierta medida yo aprendí más de lo que pude aportarle a él”. [Hombre. Profesor USTA]. El contacto directo, el conocer y aprender de la discapacidad, sensibiliza sobre las necesidades, oportunidades y demandas que tienen sus estudiantes, lo que permite establecer alternativas que fortalecen las estrategias pedagógicas y consolidan el ejercicio docente.

Por el proceso que debe llevar cada docente, en cuanto al esfuerzo que implica estudiar, adaptar y flexibilizar las estrategias pedagógicas, se crean momentos de especial recordación sobre lo vivido. “Fue como un hijo, fue muy enriquecedor, aprendí muchas cosas de él. Él se fue haciendo mucho más sociable. Lo hacía sentir parte activa de la sociedad, que tenía las mismas oportunidades. Logramos establecer un vínculo muy fuerte” [Mujer. Profesora USTA]. Reconociendo un ejercicio bidireccional, donde el éxito depende de la relación que se logre dar entre estudiante y docente. “Fue un proceso muy enriquecedor pues aprendimos de parte y parte. Yo aprendí a perderle el miedo, luego empecé a leer, a adaptarme, a entenderlo” [Mujer. Profesora USTA].

De la misma manera, los estudiantes valoran su experiencia académica en las instituciones, pues resaltan el papel del personal docente que les ha acompañado en su proceso formativo. “Mi tutor me ayudó, él sabía que tenía deficiencia auditiva pero también era exigente, fue muy buen profesor” [Hombre. Estudiante USTA. Discapacidad auditiva]. De la vivencia en la Universidad destacan la disposición de los docentes con quienes han visto clase y que han realizado modificaciones para promover de manera equitativa las condiciones para el aprendizaje y la inclusión. “Por las relaciones sociales, por la manera de los profesores de hacer ajustes a su clase, siempre se dejaban hablar, la verdad muy buena experiencia” [Hombre. Estudiante UIS. Discapacidad visual].

Las situaciones evidenciadas en las dos Instituciones educativas dan cuenta de los modelos discriminatorios y excluyentes que tiene la sociedad, en la cual el asunto de la discapacidad es ajeno, lejano y por tanto indiferente; en ese sentido, no se considera necesario revisar o implementar mecanismos que tengan en cuenta las diversas necesidades de las personas con discapacidad. Lo anterior se refleja en las situaciones vividas en la calle, el transporte público, en la cotidianidad de las clases y, en general, en la experiencia de la vida universitaria. Sin duda, hay mucho camino por recorrer, solo se necesitan pequeños ajustes como los realizados por algunos docentes que se comprometieron por hacer de su ejercicio docente y del aula un espacio incluyente:

La discapacidad debería ser un modelo social, porque la discapacidad no soy yo, quien la tiene siempre es el entorno quien hace que yo tenga la discapacidad cuando hay barreras

de accesibilidad, cuando la persona no comprende a la otra que tiene una limitación visual, cosas así, no soy yo sino la discapacidad me la hace el entorno [Hombre. Estudiante UIS. Discapacidad visual].

La inclusión, si bien requiere algunos ajustes a los procesos llevados a cabo de manera cotidiana, como la enseñanza-aprendizaje, la cual, en ocasiones, para el colectivo docente se puede constituir en retos que al principio generan resistencias y temores por el cambio y la novedad. Al implementar modificaciones que generen espacios incluyentes, la satisfacción al evidenciar los resultados, supera con creces las inquietudes iniciales. Por tanto, vale la pena implementar acciones y procesos continuos para llegar a constituir y consolidar universidades incluyentes, que promuevan el ingreso y permanencia de cada vez más estudiantes con discapacidad.

■ Discusión

Un hallazgo de gran relevancia en esta investigación tiene que ver si el personal docente no cuenta con herramientas para el manejo en el aula de las personas con discapacidad. Esta situación ha sido identificada por diversos estudios como un elemento que puede considerarse una barrera para el proceso de enseñanza-aprendizaje (Cotán, 2017; Ferreira, Vieira y Vidal, 2014). En otro estudio, los docentes manifestaron la necesidad de formarse para la atención pedagógica de personas con discapacidad. Se evidencia el desconocimiento que tiene el personal docente acerca de las competencias necesarias para brindar formación pedagógica a las personas con discapacidad y, por ende, la necesidad inminente de recibirla (Omaña y Alzolar, 2017).

Los docentes de las Universidades participantes en esta investigación, asumen en soledad el reto del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes con discapacidad, enfrentándose a temores individuales asociados a la atención de las personas con discapacidad, así como de las modificaciones que de manera autodidacta realizan para su ejercicio pedagógico. Estos sentimientos del personal docente, han sido reportados en otros estudios, donde se mencionan sentimientos de preocupación, agobio, temor y lástima, posiblemente originado por el miedo a relacionarse por primera vez con una persona con discapacidad visual por creer no saber hacerlo, y tener una perspectiva desde la necesidad de asistencia, sobreprotección o

normalización, elementos que influyen importantemente en la interrelación docente y estudiante (Tovar, 2015).

Algunas de las personas del colectivo docente entrevistadas manifestaron haber realizado ajustes pedagógicos y otras, por el contrario, no identificaron la necesidad de hacerlos, pues llevaron a cabo sus asignaturas sin ninguna modificación. Estos hallazgos son coincidentes con lo reportado por Molina, quien expresa que no se aprecian las adaptaciones curriculares en la planificación académica, en la evaluación, en el material instruccional y otros medios de aprendizaje, que benefician a todos los estudiantes con discapacidad; lo que afecta significativamente la integración de esta población, que requiere de estrategias educativas de atención a la diversidad, que favorezca la comunicación y la participación en equipo de trabajos interdisciplinarios (Molina, Mora y Sánchez, 2011).

En ese mismo sentido, se halló un estudio que ratifica lo anterior, dado que más de la mitad de los docentes que afirman haber tenido contacto con la discapacidad indican que no adaptan los contenidos de las materias, ni los instrumentos, ni los criterios de evaluación para las personas de este colectivo (Garabal, Pousada, Espinosa y Saleta, 2018). Los anteriores hallazgos van en contravía de lo propuesto en las miradas de educación inclusiva, dado que la presencia de estudiantes con discapacidad debe contar con adaptaciones curriculares significativas que supongan la eliminación de algún objetivo, contenido o criterio de evaluación de manera que garantice la igualdad de oportunidades (Alcaín y Medina, 2017).

Pese a lo anterior, se identificaron docentes que sí realizaron ajustes, los más frecuentes están relacionados con la preparación del material impreso o digital, la adecuación de los mecanismos para presentar evaluaciones y trabajos en clase, así como la forma de dirigirse al auditorio. Como se identifica, no existe una tendencia marcada y no hay acuerdo entre si realizar ajustes o no; pese a lo anterior, los estudiantes entrevistados resaltan la labor del docente para realizar dichos cambios, los cuales son percibidos por ellos como un asunto eminentemente de voluntad individual. Estos hallazgos son coincidentes con lo reportado en otro estudio, en el cual los estudiantes han comentado que las adaptaciones curriculares, en la mayoría de los casos, sí se llegan a aplicar, es más por la buena voluntad de los profesores, con los que suelen llegar a un acuerdo, que por una aplicación de la normativa académica y del derecho que les asiste en este sentido (Moriña et al., 2013).

Por su parte, las actitudes que manifiestan los docentes en las aulas pueden convertirse en una barrera o un facilitador en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos, a la vez que repercuten en la utilización de un mayor o menor uso de estrategias inclusivas (Garzón, Calvo y Orgaz, 2016). En este sentido, los hallazgos de esta investigación permiten identificar al personal docente como facilitadores del aprendizaje, pues los estudiantes entrevistados valoran positivamente su relación con docentes y su desempeño académico. Lo anterior, no es coincidente con algunos resultados, en los cuales se menciona la indiferencia de los docentes como un factor negativo en el proceso (Moriña *et al.*, 2013).

En general, los estudiantes con discapacidad entrevistados en esta investigación buscaron estrategias que facilitan su proceso de aprendizaje, por lo cual la vivencia dentro del aula de clase se pudo concertar mediante el trabajo articulado estudiante-docente y compañeros; se desarrollaron y adaptaron los materiales utilizados. Esto es contrario a lo reportado en otros estudios en los cuales, los estudiantes en el desarrollo de las clases, encuentran más barreras que ayudas. Un comentario generalizado, ha sido el mal uso o incluso el abuso que algunos profesores hacen de herramientas como el PowerPoint. Esta barrera ha cobrado una especial relevancia ante cierto tipo de discapacidades, como las visuales o incluso las auditivas, pues los alumnos no han sido capaces de obtener toda la información que se les está ofreciendo (Moriña *et al.*, 2013).

Con relación a los programas de acompañamiento dirigidos a estudiantes, se resaltan los dos existentes en las Universidades en estudio, los cuales buscan la articulación de las diferentes instancias académicas con los estudiantes. Este aspecto es fundamental, pues tal y como lo mencionan algunas investigaciones, el contar con un sistema de orientación y tutorías en el marco de la enseñanza universitaria para todo el estudiantado en general, y para los que poseen algún tipo de discapacidad en particular, constituye un factor de la calidad orientado a la mejor integración de todo el colectivo de estudiantes, la optimización del proceso formativo, la promoción de una mayor igualdad de oportunidades, la potenciación del principio de orientación a lo largo de la vida, el refuerzo de la educación inclusiva, la prevención del abandono de los estudios, entre otros beneficios (Álvarez, 2012).

En otros estudios se reporta como barrera la indiferencia o rechazo que viven algunos estudiantes con discapacidad

en el contexto universitario, especialmente por los compañeros (Vargas, Ramos, Cristancho y Parra, 2011). Sin embargo, ningún estudiante entrevistado en este estudio refirió haber experimentado alguna situación de exclusión o discriminación por parte de la comunidad universitaria.

Los hallazgos de esta investigación y los reportados en estudios previos, demuestran la importancia de trabajar el fortalecimiento de un sistema formativo innovador para la inclusión social, que implica transformar la cultura, la organización y las prácticas de los centros para atender a la diversidad de necesidades educativas de todo el estudiantado. La inclusión en la universidad se puede abordar desde el punto de vista ético (la inclusión es un derecho humano fundamental), sociológico (la discapacidad como construcción social y la inclusión como modo de dar voz a las personas con discapacidad), organizativo (plantea los cambios que hay que introducir en la organización universitaria para avanzar hacia una institución más inclusiva) y pedagógico docente (es preciso promover en la universidad sistemas pedagógico-docentes que faciliten la permanencia y la promoción de estudiantes con discapacidad) (Álvarez, Alegre de la Rosa y López, 2012).

■ Conclusiones

Es importante destacar la falta de actualización de datos estadísticos en Colombia de las personas con discapacidad, impidiendo una aproximación real que permita comprender y analizar el fenómeno.

Se evidencia la falta de espacios que permitan al interior de las universidades la reflexión y generación de iniciativas concretas, articuladas y sostenibles en el tiempo que puedan, en el mediano plazo, garantizar una vivencia universitaria en igualdad de condiciones para todas las personas.

Se hace necesario implementar estrategias orientadas a fortalecer el acceso y la permanencia de estudiantes con discapacidad en la universidad, lo cual se constituiría en un elemento clave para aportar al cierre de las brechas de la discriminación. Para lo cual se requiere hacer ajustes considerables en varios ámbitos, directivos, administrativos, académicos. Lo cual implica diseño e implementación de políticas de inclusión al interior de las instituciones de educación superior, asignación de presupuesto, capacitaciones y acompañamiento a la comunidad universitaria,

además de ajustes en la infraestructura y dotación de equipos especializados.

En definitiva, se requiere aunar esfuerzos entre todas las unidades académicas y administrativas de las Universidades en mención, para poder hacer realidad la inclusión, donde exista, por una parte, reflexión y comprensión sobre el tema de discapacidad, para lo cual es fundamental la sensibilización y formación de directivos, administrativos, servicios generales, docentes y estudiantes.

Además, un proceso intensivo de acompañamiento especializado para docentes quienes tienen relación directa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Implementación de acciones pedagógicas, tecnológicas, sociales, económicas, entre otras, tendientes a promover la permanencia y egreso exitoso de los estudiantes con discapacidad.

Referencias

- Alcaín, E., & Medina, M. (2017). Hacia una educación universitaria inclusiva: realidad y retos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 4-19.
- Álvarez, P. (2012). Los planes de tutoría de carrera: una estrategia para la orientación al estudiante en el marco del EEES. *Revista Educar*, 247-266.
- Álvarez, P., Alegre de la Rosa, O., & López, D. (2012). Las dificultades de adaptación a la enseñanza universitaria de los estudiantes con discapacidad: un análisis desde un enfoque de orientación inclusiva. *Revista Electrónica de Investigación*, 1-18.
- Britten, N. (1995). Qualitative interviews in medical research. *BMJ*, 251-253.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2013). *Documento CONPES Social 166*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- Cotán, A. (2017). Educación inclusiva en las instituciones de educación superior: narrativas de estudiantes con discapacidad. *Revista Española de Discapacidad*, 43-61.
- DANE. (16 de enero de 2019). DANE. Obtenido de DANE web site: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/discapacidad>.
- Ferreira, C., Vieira, M. J., & Vidal, J. (2014). La atención a los estudiantes con discapacidad en las instituciones de educación superior. El caso de Cataluña. *Revista de Investigación Educativa*, 139-157.
- Garabal, J., Pousada, T., Espinosa, P., & Saleta, J. (2018). Las actitudes como factor clave en la inclusión universitaria. *Revista Española de Discapacidad*, 181-198.
- Garzón, P., Calvo, M., & Orgaz, M. (2016). Inclusión educativa. Actitudes y estrategias del profesorado. *Revista Española de Discapacidad*, 25-45.
- Molina, D., Mora, F., & Sánchez, Y. (2011). Integración de los estudiantes con discapacidad en las aulas universitarias. *REMO*, 33-44.
- Moriña-Diez, A., López Gaviria, R., Melero Aguilar, A., Cortés Vega, M. D., & Molina Romo, V. M. (2013). El profesorado en la universidad ante el alumnado con discapacidad: ¿tendiendo puentes o levantando muros? *Revista de Docencia Universitaria*, 423-442.
- Naciones Unidas. (25 de enero de 2019). *United Nation Human Rights*. Obtenido de United Nation Human Rights: <https://www.ohchr.org/en/hrbodies/crpd/pages/gc.aspx>.
- Omaña, E., & Alzolar, N. (2017). Estrategias pedagógicas para la inclusión del estudiante con discapacidad. *Educ@ción en Contexto*, 83-109.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Malta: Organización Mundial de la Salud.
- Sarmiento, A. (16 de enero de 2019). *Organización de Estados Iberoamericanos*. Obtenido de Organización de Estados Iberoamericanos web site: <https://www.oei.es/historico/noticias/spip.php?article8526>.
- Taylor, S., & Bodgan, R. (1990). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados*. Buenos Aires: Paidós.
- Tovar, K. (2015). Aproximación a las representaciones sociales de profesores universitarios sobre discapacidad visual. *Revista de Investigación*, 221-235.
- Vargas, M., Ramos, M., Cristancho, C., & Parra, L. (2011). La Universidad Manuela Beltrán, evolucionando hacia una universidad más inclusiva. *Umbral Científico*, 39-44.

Artículo de investigación

Modelamiento estadístico de la lixiviación con cianuro de un mineral del municipio de Andes, Colombia, como alternativa al proceso de amalgamación

Statistical modeling of cyanide leaching of a mineral from the municipality of Andes, Colombia, as an alternative to the amalgamation process

Modelagem estatística da lixiviação com cianeto de um mineral do município de Andes, Colômbia, como alternativa ao processo de amalgamação

Jairo A. Ruiz Córdoba* | Carlos A. López Cañas | María E. Carmona Arango | William Bolívar Gómez
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-02-03
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-09-05
- **Fecha de aprobación:** 2019-09-20
<http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.826>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Ruiz Córdoba, J. A., López Cañas, C. A., Carmona Arango M. E., & Bolívar Gómez W. (2019). Modelamiento estadístico de la lixiviación con cianuro de un mineral del municipio de Andes, Colombia, como alternativa al proceso de amalgamación. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 126-137. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.826>

RESUMEN

Se muestran los resultados de una investigación de la lixiviación con cianuro de un mineral aurífero sulfuroso con materia carbonosa. Se aplicó un diseño experimental de análisis factorial 2^k de tres variables con réplicas en el centro, empleando el método de superficie de respuesta (MRS). Se condujeron pruebas de cianuración en botella rotatoria para estudio del efecto de ciertas variables seleccionadas sobre la recuperación de Au y determinar los parámetros óptimos para lograr su máxima recuperación en el proceso. Los resultados obtenidos demuestran que el mineral presenta un alto grado de lixivabilidad en cianuro, obteniéndose una recuperación de Au promedio del 93,65%, con una concentración de cianuro de sodio [NaCN] de 2,5 g/L y un tiempo de lixiviación de 12 horas.

Palabras clave: caracterización de minerales, cianuración, diseño de experimentos, diseño factorial, superficie de respuesta, mineral de oro



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: jairo.ruiz@udea.edu.co

SUMMARY

The results of a research into the cyanide leaching of a sulphurous gold ore with carbonaceous matter are shown. An experimental design of factorial analysis 2k of three variables with replicates in the center was applied, using the response surface method (MRS). Cyanidation tests in rotating bottles were conducted to study the effect of certain selected variables on Au recovery and to determine the optimal parameters to achieve maximum Au recovery in the process. The results obtained show that the mineral presents a high degree of cyanide leachability, obtaining an average Au recovery of 93.65%, with a sodium cyanide [NaCN] concentration of 2.5 g/L and a leaching time of 12 hours.

Keywords: Mineral characterization, cyanidation, experimental design, factorial design, response surface, gold ore

SUMÁRIO

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa sobre a lixiviação com cianeto de um minério de ouro sulfuroso com matéria carbonácea. Aplicou-se um delineamento experimental de análise fatorial 2k de três variáveis com réplicas no centro, utilizando o método da superfície de resposta (MRS). Foram realizados testes de cianetação em uma garrafa rotativa para estudar o efeito de certas variáveis selecionadas na recuperação de Au e para determinar os parâmetros ideais para alcançar a recuperação máxima no processo. Os resultados obtidos mostram que o mineral apresenta um alto grau de lixiviação em cianeto, obtendo uma recuperação média de Au de 93,65%, com uma concentração de cianeto de sódio [NaCN] de 2,5 g/L e tempo de lixiviação de 12 horas.

Palavras-chave: Caracterização de minerais, cianetação, delineamento experimental, delineamento fatorial, superfície de resposta, minério de ouro

Uno de los propósitos de la metalurgia extractiva consiste en separar los metales de particular interés, sea por razones económicas, científicas o de cualquiera otra índole, de tal forma que se puedan emplear para un fin determinado, para lo cual existen diversos procedimientos, siendo uno de ellos, la lixiviación con cianuro (Santamaría et al., 2013).

Dependiendo de la composición del mineral, se encuentran diversos tratamientos para la recuperación del oro: concentración gravimétrica, flotación, aireación con cal, tostación, calcinación, entre otros (Iglesias, Carranza & Palencia, 1998). Además, una correcta caracterización mineralógica, fisicoquímica y metalúrgica de los minerales permite plantear los procesos y parámetros de beneficio más convenientes para obtener una recuperación de oro mejorada (Yáñez et al., 2005).

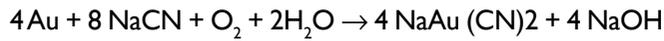
En esta dirección, se han estudiado diferentes métodos para el beneficio de minerales auríferos como son la lixiviación con cloruro, tiourea y tiosulfato, aunque estos incrementan los costos de beneficio (Xu et al., 2015). Otra variante es el pretratamiento de biooxidación por un número de horas definido y a continuación lixiviación con

tiourea, lo cual ha demostrado un incremento significativo en la tasa de recuperación de oro (Guo et al., 2017). Otra alternativa a esta última técnica, cuando se procesa un mineral refractario sulfuroso, consiste en realizar una oxidación doble, lo cual implica hacer una etapa de lixiviación férrica a alta temperatura y una etapa subsiguiente de biooxidación, además del uso de nutrientes orgánicos durante la biooxidación (Muravyov & Bulaev, 2013).

Por otro lado, en algunos minerales refractarios de oro y plata, la técnica de cianuración no es suficientemente eficaz, por lo que se han llevado a cabo ensayos de pretratamiento con hidróxido de potasio, a fin de adecuar el mineral en cuestión para mejorar la recuperación de oro (Alp et al., 2014). Igualmente, es conocido que, en minerales auríferos con determinados contenidos de cobre, se reduce la cantidad de oro que podría obtenerse con el proceso de cianuración (Oraby & Eksteen, 2015).

La lixiviación de minerales de oro se encuentra influenciada por diversos factores de orden físico y químico que pueden interferir en la eficiencia de la recuperación de la mayor cantidad posible de metales preciosos como el oro

y la plata (Tremolada, 2011). El proceso de cianuración se fundamenta en que el oro es disuelto en una solución acuosa de cianuro de sodio o potasio con relativa facilidad, si se mantienen condiciones oxidantes favorables, utilizando el oxígeno del aire como oxidante y donde el ion CN^- actúa como agente complejante (Salinas et al., 2004). Esto se aprecia mejor con la ecuación de Elsner:



Esta ecuación muestra claramente el porqué de la selección de las tres variables en el esquema estadístico, dado que se busca una mayor eficacia del proceso, lo cual se espera que sea favorecida a mayor concentración de cianuro, menor cantidad de otros metales que sustraigan cianuro y un pH adecuado. En un proceso hidrometalúrgico de beneficio de minerales de oro, en el cual se estudia la influencia de parámetros de control específicos, es apropiado utilizar el diseño de experimentos como una herramienta para la planificación y análisis de procesos y de pruebas de lixiviación que requieren de la realización de cambios en los parámetros de estos con objetivo de identificar y estudiar sus efectos e interacciones potenciales sobre la variable respuesta, a fin de conocer cómo opera el proceso y obtener la información necesaria para su mejoramiento.

El diseño experimental trabajado en el presente artículo de lixiviación con cianuro de un concentrado aurífero-sulfuroso, fue el análisis factorial 2^k con tres variables y réplicas en el centro, empleando la metodología de superficie de respuesta (MSR), con el propósito de investigar los efectos e interacciones de los factores estudiados sobre la variable respuesta, e igualmente poder determinar las condiciones óptimas del proceso para lograr la máxima recuperación de oro.

Para el diseño experimental y el desarrollo de la metodología de superficie de respuesta se utilizó el software Statgraphics 16.0 (versión de prueba) (Chavarriaga & Restrepo, 2014).

■ Materiales y método

El mineral de estudio es un mineral aurífero cuarzosulfuroso de veta, con materia carbonosa asociada al cuarzo, oriundo de la vereda La Soledad del corregimiento de Santa Rita en el municipio de Andes, localizado en el suroeste del departamento de Antioquia, Colombia.

■ Muestreo y preparación del material

El mineral de cabeza de mina se trituró en dos etapas. La primera, usando una trituradora de quijadas y luego una trituradora de rodillos con una abertura de 4 mm. Para los análisis iniciales, el material fue homogenizado, cuarteado y muestreado para extraer una muestra de 2 kg y molerla en un molino de bolas por 20 minutos en lotes de 1 kg. Luego de la molienda se muestreó el mineral y se extrajeron muestras para los respectivos análisis de caracterización posteriores.

■ Caracterización del mineral

Se seleccionaron muestras de tamaño grande del mineral de estudio, con el fin de identificar a escala macroscópica las posibles especies minerales presentes.

Una muestra de mineral preparada se analizó por fluorescencia de rayos X (FRX) en un espectrómetro OPTIMX-211, Thermo Scientific para determinar su composición química elemental y especies oxidadas. Se practicó un análisis por microscopía estereoscópica utilizando un microscopio digital a 800X, el cual se complementó con análisis por difracción de rayos X (DRX), en un difractor EMPYREAN, con el propósito de identificar las especies mineralógicas presentes; además se realizó un análisis LECO para determinar contenidos de carbono y azufre.

A continuación, se practicó un análisis granulométrico al mineral de cabeza de mina, usando la serie de tamices 80, 100, 140, 200 y 270 mallas Tyler con objeto de determinar contenidos de oro y plata por fracciones granulométricas o mallas, mediante ensayos al fuego.

Se ejecutó una prueba de moliendabilidad con objeto de analizar la variación en la reducción del tamaño de partícula mineral con el tiempo y lograr de esta forma estimar el tiempo requerido de molienda para obtener una determinada granulometría. La molienda se realizó en un molino de bolas tipo laboratorio y se efectuó análisis granulométrico del mineral a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 minutos. En la tabla 1 se presentan las condiciones utilizadas en la prueba de moliendabilidad.

Tabla 1. Parámetros usados en la prueba de moliendabilidad del mineral de cabeza

Equipo	Parámetros	Valor	
Especificaciones Molino	Longitud	20 cm	
	Diámetro interno	17 cm	
	Volumen interno	5.670,6 cm ³	
	Volumen de llenado	40%	
	Velocidad de rotación	60 rpm	
Parámetros operativos	Carga mineral	500 g	
	Distribución de bolas	Diámetro (cm)	Cantidad
		1,7	82
		2,5	39
	3,9	15	

Para obtener el concentrado aurífero-sulfuroso, correspondiente al material a estudiar por lixiviación con cianuro, una muestra de mineral clasificada mediante una serie de tamices Tyler en las fracciones -40+80 y -80+140 mallas, se sometió a concentración gravimétrica en mesa concentradora Wilfley. Los finos de la concentración en mesa, con una granulometría 100% pasante a 140 mallas Tyler (-106 µm), se concentraron por flotación junto con los mixtos y colas de la concentración en mesa, luego de una remolienda, empleando una pulpa al 30% de sólidos en una celda de flotación tipo laboratorio, marca Denver. En la tabla 2 se ilustran los parámetros de operación utilizados en la concentración en mesa Wilfley, y en la tabla 3 se muestran los reactivos y dosificación usada en la flotación, de acuerdo con la información hallada en la literatura (Azañero et al., 2009; Teague et al., 1999).

Tabla 2. Parámetros operativos usados en la concentración en mesa Wilfley

Mallas	Ángulo de inclinación (θ)	Flujo agua (gal/min)
-40+80	30°	2,5
-80+140	15°	3,0

Tabla 3. Reactivos y dosificación usados en la flotación del mineral

Reactivo	Función	Dosificación (g/t)
Metasilicato de sodio	Depresor de arcillas	30
A36	Activador sulfuros	50
PAX	Colector sulfuros	50
Aceite de pino	Espumante	20

Igualmente, se determinaron características importantes del mineral como el pH, densidad y poder reductor (PR), al igual que presencia de sales solubles y viscosidad de pulpa.

■ Pruebas preliminares de lixiviación con cianuro

Pruebas preliminares

Se realizaron cuatro pruebas preliminares de cianuración con el concentrado de mineral de oro, a fin de evaluar la influencia del carbón presente y adecuar las condiciones para las pruebas de cianuración usando el diseño experimental planteado. Estos ensayos consistieron en un ensayo en blanco (sin reactivo), otro usando querosene como pasivante del carbón y otros dos ensayos utilizando H₂O₂ y NaClO como oxidantes del carbón, se empleó en cada uno, una pulpa al 35% de sólidos, 1,5 g NaCN/L y 6 horas de lixiviación.

Durante la realización de estas pruebas se midió cada dos horas el pH y la [NaCN] por titulación con AgNO₃, con el fin de determinar la variación de estos dos parámetros durante el proceso. Cada vez que el pH o la [NaCN] disminuían, se procedía a adicionar reactivos para restablecer las condiciones iniciales del proceso. Durante la realización de las diferentes pruebas se trabajó con un rango de pH alcalino entre 10 y 12, el cual se ajustaba a estos valores con la adición de cal cuando se encontraba por debajo de este rango.

■ Diseño experimental factorial 2^k usado en pruebas de lixiviación con cianuro

Para las pruebas de lixiviación con cianuro en botella rotatoria se usó un concentrado de mineral aurífero-sulfuroso, con materia carbonosa asociada, con un tamaño de partícula del 95% pasante 200 mallas Tyler (-75 µm) y un tenor promedio de 41 g Au/t. Se empleó un diseño experimental de análisis factorial 2^k con tres variables y réplicas en el centro, siguiendo la metodología de superficie de respuesta (MSR) para evaluar el efecto de aquellas estudiadas y sus interacciones sobre la variable respuesta y establecer de esta forma las condiciones óptimas del proceso para la máxima recuperación de oro.

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó el software Statgraphics 16.0 versión de prueba, especializado en el diseño y análisis de experimentos. La tabla 4 ilustra las condiciones usadas en las pruebas y la tabla 5 presenta las variables y niveles considerados en el diseño experimental, seleccionados con base en ensayos preliminares de lixiviación.

Tabla 4. Condiciones usadas en pruebas de lixiviación en botella

Parámetros	Valores
Volumen pulpa (ml)	1538.46, 1666.67, 1818.18
Sólidos (%)	35, 40, 46
Masa mineral (g)	538.46, 666.67, 818.18
Acidez (pH)	10,5 - 12
Velocidad rotación (rpm)	100

Tabla 5. Variables y niveles seleccionados para el diseño experimental en las pruebas de lixiviación con cianuro

Factor	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Sólidos (%)	35	40	45
(NaCN), (g/L)	1,5	2,0	2,5
Tiempo cianuración (h)	6	9	12

Con ayuda del software estadístico se planteó un diseño de tres variables independientes: porcentaje de sólidos, [NaCN] y tiempo de residencia; como variable respuesta se planteó la recuperación (%) de oro, obteniéndose un diseño experimental de 20 ensayos: ocho con sus respectivos duplicados en los extremos y cuatro réplicas en el centro. Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros de control:

Nivel de confianza del 95%.

D-eficiencia del diseño del 82,59%.

G-eficiencia del diseño del 82,35%.

La tabla 6 presenta el diseño experimental planteado en orden aleatorio de ejecución, proporcionado por el programa estadístico.

Con el concentrado sulfuroso obtenido, el cual presentó un tamaño de partícula del 95% pasante de 200 mallas Tyler (-75 µm), se prepararon pulpas al 35%, 40% y 45% de sólidos, dispuestas en botellas plásticas de dos litros de capacidad. A determinados intervalos de tiempo, se extraían 250 ml decantados de solución cianurada, que se filtraba y se determinaban los consumos de NaCN, Cal, así como los contenidos de Au y Ag disueltos. Para llevar a cabo estas últimas etapas del proceso, se realizaron pruebas Chiddy y ensayos al fuego de forma simultánea.

Finalizadas las pruebas, se filtró la solución, se lavaron los sólidos residuales varias veces con agua y se evaluaron los contenidos de Au y Ag por ensayo al fuego. Los líquidos residuales resultantes se neutralizaron y se dispusieron adecuadamente.

Tabla 6. Diseño experimental obtenido para las pruebas de lixiviación con cianuro

Ensayos	Sólidos (%)	[NaCN] (g/L)	Tiempo (h)
1	35	2,5	12
2	35	1,5	12
3	45	2,5	12
4	46	1,6	6
5	40	2,0	9
6	35	1,5	6
7	40	2,0	9
8	46	1,6	12
9	35	2,5	6
10	45	2,5	6
11	35	2,5	12
12	35	1,6	12
13	46	2,5	12
14	45	1,5	6
15	40	2,0	9
16	35	1,6	6
17	40	2,0	9
18	45	1,5	12
19	35	2,5	6
20	46	2,6	6

■ Análisis de resultados

Caracterización del mineral

En la figura 1 se muestra el resultado del análisis macroscópico del mineral de cabeza de mina, donde puede observarse la mayor cantidad de cuarzo (matriz) con presencia de materia carbonosa. Igualmente, contiene una significativa cantidad de arcillas y de hematita, así como una menor cantidad de pirita; en baja cantidad se presentan arsenopirita, esfalerita y galena.



Figura 1. Resultado de la caracterización macroscópica del mineral de cabeza de mina

La tabla 7 presenta la composición mineralógica aproximada, obtenida mediante observación en el microscopio

estereográfico digital a 800X. No se observó oro libre, el cual probablemente se encuentra asociado a los sulfuros. Esta información es importante para los cálculos de carga en la determinación de contenidos de Au y Ag en el mineral de cabeza mediante el ensayo al fuego.

Tabla 7. Resultado de la caracterización microscópica del mineral

Especies minerales	Composición (%)
Cuarzo (SiO ₂), con materia carbonosa	70,0
Pirita y otros sulfuros	10,0
Arcillas y silicatos	15,0
Óxidos de hierro	5,0

En la tabla 8 se ilustran los resultados del análisis por FRX del mineral de cabeza de mina donde puede observarse un alto contenido de cuarzo o sílice (63%) y buena presencia de arcillas, silicatos y hematita (Fe₂O₃). También pueden encontrarse contenidos importantes de S (6%), Fe (7,65%) y As (1,25), como indicativo de la presencia de sulfuros, principalmente pirita (FeS₂) y arseniopirita (FeAsS); en menor proporción se haya esfalerita (ZnS) y galena (PbS).

Tabla 8. Resultados análisis por FRX del mineral de cabeza de mina

Compuesto	%	Elemento	%
SiO ₂	62,76	Si	29,34
Al ₂ O ₃	12,15	Al	6,43
FeO ₃	10,94	Fe	7,65
S	5,98	S	5,98
K ₂ O	2,81	K	2,33
As ₂ O ₃	1,65	As	1,25
CaO	1,43	Ca	1,02
ZnO	0,83	Zn	0,67
MgO	0,68	Mg	0,41
PbO	0,19	Pb	0,18
CuO	0,05	Cu	0,04

La figura 2 representa el difractograma obtenido del análisis de DRX del mineral de cabeza, el cual confirma que este contiene cuarzo o sílice (SiO₂), hematita (Fe₂O₃), pirita (FeS₂), galena (PbS) y esfalerita (ZnS).

La tabla 9 muestra los resultados de tenores o leyes de oro y plata del mineral de cabeza de mina, obtenidos por ensayo al fuego.

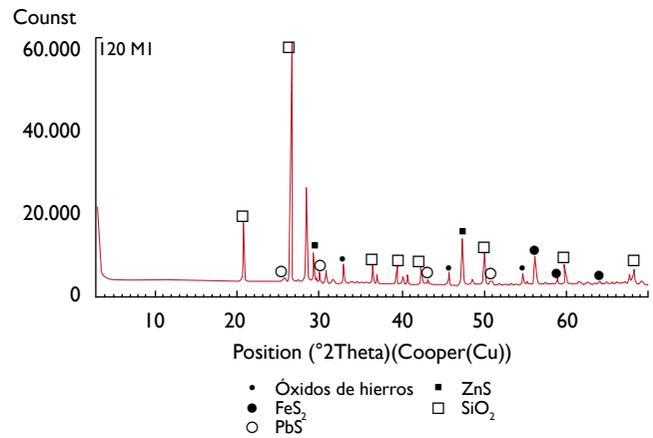


Figura 2. Difractograma de rayos X del mineral de cabeza

Tabla 9. Tenores de oro y plata del mineral de cabeza

Muestras	Peso muestra (g)	Peso doré (g)	Peso Au (g)	Tenor Au (g/t)	Tenor Ag (g/t)
M1	20	0,00186	0,00040	20,0	73,00
M2	20	0,00117	0,00032	16,0	42,50
Promedio	20	0,00152	0,00036	18,0	57,75

Puede observarse que el tenor de oro es 18 g/t en promedio y el tenor de plata es casi tres veces este valor, lo cual facilitará la separación de la plata del oro durante la disolución del doré con ácido nítrico (HNO₃).

En la tabla 10 se ilustra el resultado obtenido de tenores de oro y plata del mineral de cabeza por fracciones granulométricas. Puede observarse que los mayores contenidos de oro (73%) se presentan en los tamaños de partícula más gruesos, entre +80+140 mallas Tyler (+180+106 μm); por tanto, estas fracciones de tamaño se recuperaron por concentración gravimétrica en mesa Wilfley, mientras que los tamaños finos -140 mallas (-106 μm), que presentaron un contenido de oro importante (27%), se concentraron por flotación.

Con relación a la plata, puede observarse que esta se distribuye de forma contraria al oro; es decir, el 87% de la plata ocurre en los tamaños más finos del mineral, menor a 140 mallas (-106 μm).

La figura 3 muestra la curva de moliendabilidad o de variación del D80 del mineral de cabeza, obtenida en los tiempos de molienda de 5, 10, 15, 20, 30, 35 y 40 minutos. Para esta línea de tendencia, se tuvo un ajuste en la descripción del comportamiento del 99,78%.

Tabla 10. Tenores de oro y plata del mineral de cabeza por mallas

Tamaño partícula (mallas Tyler)	Tamaño partícula (µm)	Tenor Au (g/t)	Tenor Ag (g/t)
+80	+180	22,5	15,0
-80+100	-180+150	26,0	17,5
-100+140	-150+106	19,0	40,0
-140+200	-106+75	14,0	47,0
-200+270	-75+53	11,0	73,5
-270	-53	0,0	70,0

Puede observarse que el material debe molerse entre 15 a 17 minutos para obtener tamaños comprendidos entre +40 -140 mallas (+425-106 µm), que es el rango requerido para la concentración gravimétrica por mesa Wilfley. Además, para mantener el D80 del mineral dentro del rango de tamaño adecuado.

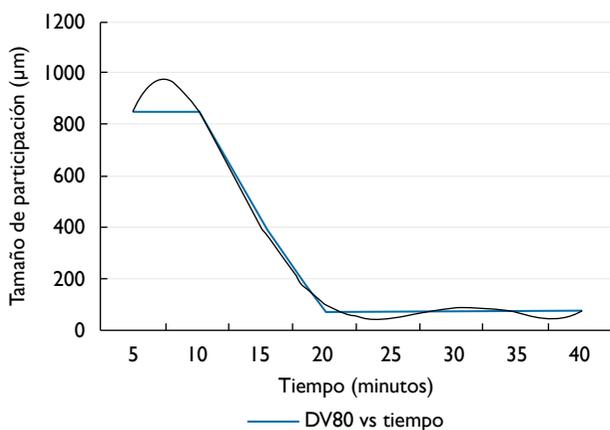


Figura 3. Curva de moliendabilidad del mineral de cabeza, D80 vs. tiempo

En la Tabla 11 se muestran los tenores de oro en los productos de la concentración por mesa Wilfley para las dos fracciones granulométricas del mineral trabajadas: -40+80 y -80+140 mallas Tyler.

Puesto que los mixtos y colas arrojaron valores importantes de oro, estos productos se remolieron y el tamaño pasante de 140 mallas Tyler (-106 µm) se concentró por flotación.

Respecto a la presencia de sales solubles en el mineral de cabeza, los resultados arrojados son negativos, es decir, el mineral no presentó sales ferrosas, férricas, de cobre ni de zinc.

Tabla 11. Tenores de la concentración del mineral de cabeza por mesa Wilfley

Muestra	Peso muestra (g)	Peso doré (g)	Peso oro (g)	Tenor oro (g/ton)
Concentrado -40+80	20	0,0263	0,00089	41,50
	20	0,0032	0,00077	
Concentrado -80+140	20	0,0041	0,00109	57,25
	20	0,0028	0,00120	
Mixtos -40+80	20	0,0014	0,00023	10,50
	20	0,0013	0,00019	
Colas -40+80	20	0,0006	0,00027	7,50
	20	0,0005	0,00003	
Colas -80+140	20	0,0016	0,00037	17,25
	20	0,0016	0,00032	

■ Pruebas de ensayos de lixiviación con cianuro

■ Ensayos preliminares de lixiviación con cianuro

En la tabla 12 se presentan los resultados de los cuatro ensayos preliminares de lixiviación realizados. Puede observarse que, cotejado con el ensayo en blanco, esto es, sin uso de reactivo, los reactivos usados en los demás ensayos, aunque no obraron como era de esperarse sobre el carbón, sí afectaron la disolución del oro, reduciéndose su recuperación.

■ Diseño experimental factorial 2^k aplicado en las pruebas de lixiviación con cianuro

La tabla 13 ilustra los resultados del diseño experimental obtenidos en las 20 pruebas de lixiviación con cianuro realizadas. Los valores expuestos se muestran como un promedio de dos ensayos, debido a que cada prueba tuvo su duplicado.

Puede notarse en los ensayos I y II, que para una pulpa mineral al 35% de sólidos, una concentración de cianuro de sodio de 2,5 g/L y un tiempo de lixiviación de 12 horas, se obtienen las mayores recuperaciones de oro, con unos valores de 97,6% y 89,7%, respectivamente, y un promedio del 93,65%, valor muy cercano al óptimo predicho por el modelo ajustado, como podrá observarse más adelante.

Tabla 12. Resultados de los ensayos preliminares de lixiviación

Muestra		Peso doré (g)	Peso oro (g)	Tenor doré (g/m ³)	Tenor oro (g/m ³)	Recuperación (%)
Blanco	Sólidos 1	0,00090	0,00023	45	11,50	45,58
	Sólidos 2	0,00090	0,00014			
	Líquidos 1	0,00134	0,00055	79,50	79,50	
	Líquidos 2	0,00184	0,00059			
Querosene	Sólidos 1	0,00103	0,00020	52,25	9,50	14,38
	Sólidos 2	0,00106	0,00018			
	Líquidos 1	0,00491	0,00059	192,75	25,50	
	Líquidos 2	0,00280	0,00043			
Hipoclorito de sodio	Sólidos 1	0,00095	0,00031	45,75	13,50	11,55
	Sólidos 2	0,00088	0,00023			
	Líquidos 1	0,00299	0,00064	149	31,75	
	Líquidos 2	0,00297	0,00063			
Peróxido	Sólidos 1	0,00125	0,00021	99	13,50	10,19
	Sólidos 2	0,00112	0,00033			
	Líquidos 1	0,00345	0,00051	99	22,50	
	Líquidos 2	0,00210	0,00039			

Tabla 13. Diseño experimental y resultados de recuperación de oro obtenidos en las pruebas de cianuración en botella rotatoria

Ensayos	Sólidos (%)	CN ⁻ (g/l)	Tiempo (h)	Au (g/t)	Rec.Au (%)
1	35	2,5	12	0,0047	97,60
2	35	1,5	13	0,0033	73,50
3	45	2,5	12	0,0064	94,90
4	45	1,5	6	0,0037	55,20
5	40	2,0	9	0,0034	76,50
6	35	1,5	6	0,0026	58,00
7	40	2,0	9	0,0044	80,90
8	45	1,5	12	0,0055	81,20
9	35	2,5	6	0,0031	69,90
10	45	2,5	6	0,0048	71,40
11	35	2,5	12	0,0040	89,70
12	35	1,5	12	0,0037	82,90
13	45	2,5	13	0,0049	89,50
14	45	1,5	6	0,0033	49,60
15	40	2,0	9	0,0043	86,10
16	35	1,5	6	0,0022	48,60
17	40	2,0	9	0,0037	67,10
18	45	1,0	12	0,0046	68,50
19	35	2,0	6	0,0030	68,50
20	45	2,0	6	0,0044	66,20

ANOVA para la recuperación de oro

La tabla 14 presenta el resultado del análisis ANOVA para la recuperación de oro.

El ANOVA muestra que las variables realmente influyentes en el proceso de lixiviación con cianuro son el tiempo de lixiviación y la concentración de cianuro de sodio en la pulpa, esto por presentar un valor-P menor a 0,05 (5%).

Los valores obtenidos de R^2 y R ajustada indican que el modelo se ajustó apropiadamente a los datos y que el diseño experimental planteado resultó exitoso, lográndose una recuperación de oro mayor al 83,4%.

Diagrama de Pareto

La figura 4 corresponde al diagrama de Pareto obtenido, en el cual se muestra, en orden decreciente de importancia, los efectos de las variables e interacciones de estas sobre la recuperación de oro durante las pruebas de lixiviación con cianuro del concentrado estudiado.

Pueden observarse que el tiempo de residencia y la concentración de cianuro de sodio son las variables que influyen de manera importante sobre la recuperación de oro, corroborándose el resultado arrojado por el ANOVA.

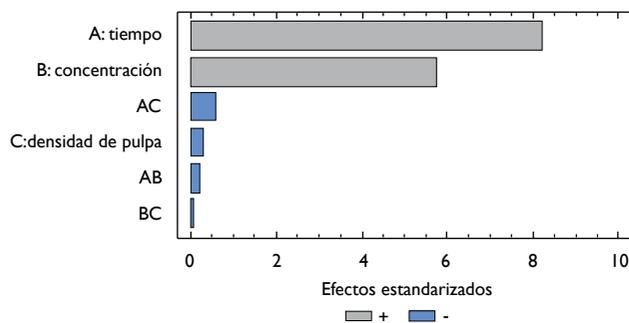


Figura 4. Diagrama de Pareto estandarizado para la recuperación de oro

Tabla 14. ANOVA para la recuperación de oro

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: tiempo	2.401,0	1	2.401,0	67,84	0,0000
B: concentración	1.152,6	1	1.152,6	32,56	0,0001
C: sólidos (%)	2,56	1	2,56	0,07	0,7925
AB	1,32	1	1,32	0,04	0,8500
AC	10,24	1	10,14	0,29	0,6005
BC	0,0625	1	0,06	0,00	0,9672
Bloques	67,712	1	67,71	1,91	0,1918
Error total	424,733	12	35,39		
Total (corr)	4.060,23	19			

$R^2 = 89,5392\%$;
R ajustada (ajustada por G.L.) = 83,4371%.

Principales efectos de las variables

La figura 5 corresponde a la gráfica obtenida de los principales efectos de las variables estudiadas sobre la recuperación de oro durante las pruebas de lixiviación con cianuro en botella rotatoria, donde puede observarse que al aumentar tanto la concentración de cianuro de sodio, como el tiempo de residencia, aumenta la recuperación de oro. El comportamiento desfavorable en la recuperación de oro al aumentar el porcentaje de sólidos en la pulpa mineral se debe a que al incrementar este, se reduce el área de contacto entre las partículas minerales y la solución cianurada y, por tanto, la disminución en la recuperación de oro. Igualmente, debe tenerse en cuenta que la disminución del porcentaje de recuperación también puede estar influenciada de la misma forma por la presencia de otros metales que compiten con el oro por el cianuro.

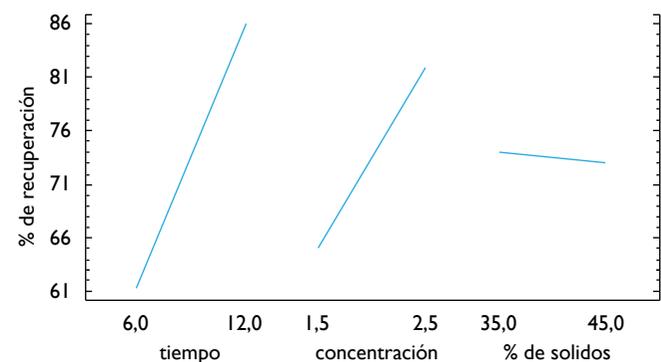


Figura 5. Efectos principales sobre la recuperación de oro

Gráficas de superficie de respuesta

La figura 6 corresponde a las gráficas de superficie de respuesta estimadas para 35%, 40% y 45% de sólidos en

tres muestras de pulpa de mineral cianuradas, en las cuales se confirma la significancia de las variables establecidas como principales en el análisis ANOVA. Puede observarse que al aumentarse tanto la concentración de cianuro de sodio como el tiempo de lixiviación aumenta la recuperación de oro. Caso contrario ocurre con el porcentaje de sólidos, ya que al aumentar este en las pulpas cianuradas disminuye la recuperación de oro.

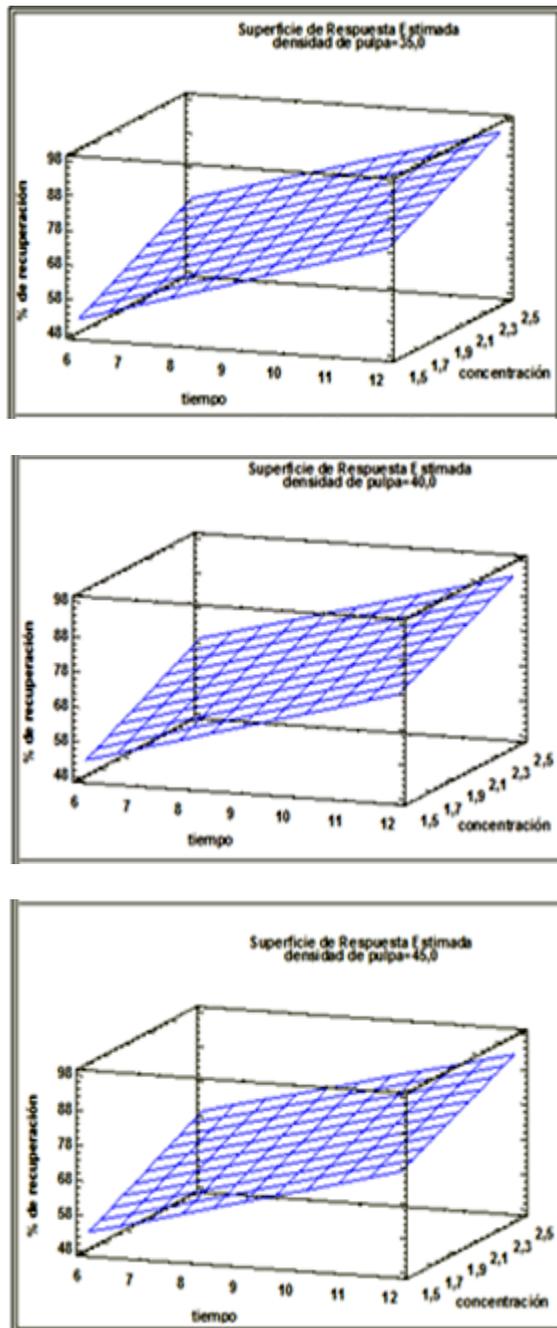


Figura 6. Superficie de respuesta estimada para 35%, 40% y 45% de sólidos en tres muestras de pulpa de mineral

Coefficientes de regresión para la recuperación de oro

En la tabla 15 se muestran los coeficientes de regresión de las variables estudiadas y sus interacciones, obtenidos mediante el programa estadístico.

Tabla 15. Coeficientes de regresión

Coefficientes	Estimado
Constante	-18,63
A: tiempo	6,60
B: concentración	19,70
C: sólidos (%)	0,45
AB	- 0,192
AC	- 0,053
BC	- 0,025

Modelo ajustado

Los coeficientes de regresión obtenidos dan lugar a la siguiente ecuación del modelo ajustado que describe la recuperación de oro:

$$\%Au = - 18,63 + 6,6A + 19,7B + 0,45C - 0,191667AB - 0,0533AC - 0,025BC$$

Con el modelo ajustado se predice entonces una óptima recuperación de oro del 95,23%, para una pulpa mineral al 35% de sólidos, una concentración de cianuro de sodio de 2,5 g/L y un tiempo de lixiviación de 12 horas.

Optimización de la variable respuesta

En la tabla 16 se muestran los resultados de recuperación de oro a los diferentes niveles y parámetros estudiados, incluyendo los valores óptimos obtenidos mediante el modelo ajustado arrojado por el programa estadístico empleado.

Tabla 16. Parámetros óptimos obtenidos para la cianuración del concentrado sulfuroso estudiado

Parámetros y recuperación de oro en las pruebas de cianuración				
Nivel	Bajo	Medio	Alto	Óptimo
Sólidos (%)	35	40	45	35
[NaCN] (g/L)	1,5	2,0	2,5	2,5
Tiempo (h)	6,0	9,0	12	12
Au (%)	52,03	73,52	93,19	95,23

■ Conclusiones

Por medio de las técnicas DRX, FRX y la observación macroscópica, se determinó que el mineral estudiado está constituido en mayor proporción por cuarzo (SiO_2), asociado con materia carbonosa; en menor proporción por arcillas, silicatos, hematita (Fe_2O_3) y sulfuros, principalmente pirita (FeS_2) y arseniopirita (FeAsS), en muy baja proporción por esfalerita (ZnS) y galena (PbS). No se observó ni detectó presencia de oro libre. El oro está asociado principalmente a la pirita y en menor proporción a la esfalerita y la galena.

Los tenores de Au y Ag en el mineral de cabeza de mina determinados por ensayo al fuego son del orden de 18 g/t y 57,75 g/t, respectivamente.

El análisis del contenido de Au por fracciones granulométricas en el mineral de cabeza de mina reportó que el 73% del Au ocurre en los mayores tamaños de partícula, los cuales corresponden +80 +140 mallas (+180+106 μm); por lo anterior, se molió el mineral para obtener un producto en el rango de tamaño de +40 +140 mallas (+425+106 μm), que es el tamaño conveniente para la concentración gravimétrica en mesa Wilfley.

En la concentración con el uso de la mesa Wilfley se recuperó un concentrado sulfuroso con tamaño de partícula entre +80 +140 mallas Tyler y los tamaños finos de los mixtos y colas entre -140 +270 mallas (-106+53 μm), que presentaron un contenido de Au importante (27%), se concentraron por flotación.

Mediante la concentración por mesa y flotación se logró eliminar gran parte del material carbonoso presente en el mineral, obteniéndose un concentrado sulfuroso enriquecido en 2,3 veces de Au, lo que permitió pasar de un tenor de 18 g/t a 41 g/t, material que se estudió aplicando el diseño experimental en las pruebas de cianuración en botella rotatoria.

Los agentes usados como pasivantes y oxidantes del carbón en la lixiviación del concentrado sulfuroso con materia carbonosa no causaron el efecto esperado sobre este último. Sin embargo, se observó que influyeron en la disolución del oro disminuyéndose la recuperación de Au, lo cual se corroboró al realizar una comparación con el ensayo en blanco, de acuerdo con los resultados obtenidos y que se aprecian en la tabla 12.

Mediante el diseño experimental factorial 2^k aplicado en las pruebas de cianuración en botella rotatoria del concentrado sulfuroso estudiado, se determinó que para una pulpa de mineral al 35% de sólidos, $[\text{NaCN}]$ de 2,5 g/L y un tiempo de lixiviación de 12 horas, puede lograrse en promedio una máxima recuperación de oro del 93,65%, valor muy próximo al dato óptimo predicho de 95,23% con el uso del modelo ajustado obtenido para una pulpa de mineral bajo los mismos parámetros.

Se considera que trabajos de investigación de este tipo son de gran importancia para los futuros profesionales de Ingeniería Metalúrgica y Materiales de la Universidad de Antioquia, porque les posibilita adquirir conocimientos y el desarrollo de habilidades que son considerados de gran ayuda para confrontar y resolver problemas potenciales en el campo laboral.

■ Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia por la cofinanciación del proyecto, a los profesores, directores y técnicos del laboratorio de mineralogía y demás laboratorios de análisis de la Universidad de Antioquia por su colaboración durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

■ Referencias

- Alp, I., Celep, O., Paktunç, D., & Thibault, Y. (2014). Influence of potassium hydroxide pretreatment on the extraction of gold and silver from a refractory ore. *Hydrometallurgy*, 146, 64-71.
- Azañero, A., Núñez Jara, P.A., Aramburú Rojas, V. S., León Delgado, E. F., Quiñones Lavado, L. J., Cabrera Sandoval, M., ... Alarcón Guizado, J. N. (2009). Factores que afectan la selección del proceso metalúrgico para beneficiar minerales complejos de oro. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 12(24), 49-55.
- Chavarriaga, J., & Restrepo, J. (2014). *Estudio estadístico de la lixiviación con cianuro como proceso alternativo a la amalgamación y valoración del ambiente laboral de una muestra de entables y compras de oro del municipio de Remedios Antioquia*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, 45-48.
- Guo, Y., Guo, X., Wu, H., Li, S., Wang, G., Liu, X., ... & Wang, D. (2017). A novel bio-oxidation and two-step thiourea leaching method applied to a refractory gold concentrate. *Hydrometallurgy*, 171, 213-221.

- Iglesias, N., Carranza, F., & Palencia, I. (1998). La biolixiviación como pretratamiento de menas auríferas refractarias en matriz de sulfuros. *Revista Metal*, 34(1), 29-38.
- Muravyov, M., & Bulaev, A. (2013). Two-step oxidation of a refractory gold-bearing sulfidic concentrate and the effect of organic nutrients on its biooxidation. *Minerals Engineering*, 45, 108-114.
- Oraby, E., & Eksteen, J. (2015). Gold leaching in cyanide-starved copper solutions in the presence of glycine. *Hydrometallurgy*, 156, 81-88.
- Salinas, E., Rivera, I., Carrillo, F. R., Patiño, F., Hernández, J., & Hernández, L. E. (2004). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 48(4), 315-320.
- Santamaría Roncancio, J. I., Torres Gómez, R. J., Parra Pinilla, M., & Ortiz Otálora, C. A. (2013). Comparación de cianuro y tiourea como agentes lixiviantes de un mineral aurífero colombiano. *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC*, 22(34), 97-103.
- Teague, A. J., Van Deventer, J. S. J., & Swaminathan, C. (1999). A conceptual model for gold flotation. *Minerals Engineering*, 12(9), 1001-1019.
- Tremolada, J. (2011). *Caracterización, influencia y tratamiento de arcillas en procesos de cianuración en pilas*. España: Departamento de Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo, 19-23.
- Xu, B., Yang, Y., Jiang, T., Li, Q., Zhang, X., & Wang, D. (2015). Improved thiosulfate leaching of a refractory gold concentrate calcine with additives. *Hydrometallurgy*, 152, 214-222.
- Yáñez Traslaviña, J. J., García Páez, I. H., Pedraza Rosas, J. E., & Laverde Cataño, D. (2005). Caracterización de los minerales auríferos de la zona minera de San Pedro Frío (Bolívar-Colombia), para la selección de los procesos de extracción. *Dyna*, 72(145), 22-35.

Artículo investigación

Molecular representations of stereoisomers with chiral centers using molecular models in origami

Representaciones moleculares de estereoisómeros con centros quirales mediante modelos moleculares en origami

Representações moleculares de estereoisômeros com centros quirais utilizando modelos moleculares em origami

Diana Yicela Pineda Caro* | Edgar Eduardo Vargas Aguilar | Oswaldo Eliécer Cárdenas González
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-02-08.
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-09-05.
- **Fecha de aprobación:** 2019-11-05.
<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.829>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Pineda Caro, D.Y., Vargas Aguilar, E. E., & Cárdenas González, O.E. (2019). Molecular representations of stereoisomers with chiral centers using molecular models in origami. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 138-150. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.829>

SUMMARY

The objective of this work was to bring the students closer to a real and three-dimensional structure of the matter, relating this characteristic with the physical and chemical properties of stereoisomeric molecules with chiral centers and checking the didactic transposition through molecular models made in origami. For the methodological development of the research, 101 Colombian students from the Pedagogical and Technological University from Colombia and the University from Boyacá participated, from the academic programs in Chemistry, Biology, Bachelor of Natural Sciences and Environmental Education and Physiotherapy. The results obtained show that the implementation of molecular models in origami strengthens visuospatial skills; in addition, the conceptual appropriation of stereoisomers and molecular representations.

Keyword: Molecular Model, origami, stereoisomerism, visuospatial skills, didactic transposition



* Correo electrónico: diana.pineda01@uptc.edu.co

RESUMEN

Este trabajo tuvo por objetivo acercar los estudiantes a una estructura real y tridimensional de la materia, relacionando ésta característica con las propiedades físicas y químicas de moléculas estereoisoméricas con centros quirales y comprobar la transposición didáctica a través de modelos moleculares realizados en origami. Para el desarrollo metodológico de la investigación participaron 101 estudiantes colombianos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y de la Universidad de Boyacá, de los programas académicos en Química, Biología, Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y Fisioterapia. Los resultados obtenidos demuestran que la implementación de los modelos moleculares en origami fortalece las habilidades visoespaciales; además la apropiación conceptual sobre estereoisómeros y las representaciones moleculares.

Palabras Clave: Modelo Molecular, origami, estereoisomería, habilidades visoespaciales, transposición didáctica

SUMÁRIO

O objetivo deste trabalho foi aproximar os alunos de uma estrutura real e tridimensional do sujeito, relacionando essa característica com as propriedades físicas e químicas de moléculas estereoisoméricas com centros quirais e verificando a transposição didática através de modelos moleculares feitos em origami. Para o desenvolvimento metodológico da pesquisa, 101 estudantes colombianos da Universidade Pedagógica e Tecnológica da Colômbia e da Universidade de Boyacá participaram dos programas acadêmicos de Química, Biologia, Ciências Naturais e Educação Ambiental e Fisioterapia. Os resultados obtidos mostram que a implementação de modelos moleculares no origami fortalece as habilidades visoespaciais; além disso, a apropriação conceitual de estereoisômeros e representações moleculares.

Palavras-chave: Modelo Molecular, origami, stereoisomería, habilidades visoespaciais, transposição didática

The stereoisomers are compounds that have the same number of atoms and the same connectivity, but differ from the spatial distribution of them. According to Castro (2007), this characteristic influences the chemical and physical properties of compounds such as the melting point, dipole moment, nuclear magnetic resonance spectrum, chromatographic and crystallization behavior, being relevant in different fields of knowledge, such as organic chemistry, biochemistry, biology, pharmaceutical chemistry or industrial chemistry. Likewise, it is essential to highlight the importance of chiral compounds that may have different toxicological or biological properties, affecting the biochemical processes of living beings.

According to Pérez (2013), the importance of studying stereoisomers and chiral compounds, is that most of the biochemical processes of nature are stereospecific, there are enantiomers with different toxicological and biological properties, and in addition there are agrochemicals that have non-active enantiomers, which can be toxic to non-target organisms. Added to this, Castro (2007),

highlight the importance of stereoisomers in the pharmaceutical industry, where there are enantiomers that can be toxic or beneficial for human or animal health, likewise, the R, S configuration can also determine the biological effect of a medication, such is the case of Propanolol, whose R configuration, have a contraceptive effect, but for the S configuration, it is an anti-hypertensive.

The molecular structure of stereoisomers or chemical structures in general, can be studied with techniques such as X-rays and nuclear magnetic resonance (NMR), which are expensive to implement in higher education academic programs. For this reason, the elaboration of molecular models in origami was implemented, based on the papyroflexic model of Carbon, proposed by Garrido (2007), to carry out the transformation of scientific knowledge about stereoisomy that can be brought to the classroom as a knowledge teachable, following the theory of didactic transposition, proposed by Verret (1974), theory taken up and deepened by Chevillard (1991).

On the other hand, Fensham (2002) distinguishes as visospacial ability, the ability to perceive three-dimensional objects from two-dimensional representations, that is, the ability to change representations in different perspectives and the recognition of effects by rotation and reflection, in other words: visualization, orientation and operation. In accordance with the above, through the pedagogical reflection and the methodological development of the present investigation, a new concept arises that can be transcendental for future research: "atomic-molecular visospacial abilities", that is, the capacity in which Individuals interact with the spatial position of the submicroscopic structure of matter, not necessarily including a visual stimulus.

In consideration of the above, the present research had as main objective, to strengthen the teaching-learning processes on molecular representations of stereoisomers with chiral centers, using molecular models in origami. In addition, specific objectives were proposed, such as: identifying the previous knowledge that students have about molecular representations and stereoisomers, developing visuospatial skills through molecular modeling in origami and comparing the contributions of molecular modeling in origami, compared to the traditional teaching of stereoisomerism.

Regarding the methodological aspect, this research was developed in two Colombian universities, with 101 students of some academic programs such as: Chemistry, biology, Bachelor of Natural Sciences and Environmental Education, studying the subject of organic chemistry and for the physiotherapy program where the subject of biochemistry was being studied. Taking into account that the research followed quasi-experimental methodological design, the group of chemistry students was selected randomly as a control group and the others as experimental groups. The methodological phases were three: Phase I: Diagnosis, Phase II: Design and implementation of the didactic strategy and Phase III: Evaluation.

The results show that the didactic strategy used allowed the experimental groups to obtain a better frequency of satisfactory answers in the evaluated categories, unlike those of the control group. This allows us to consider that molecular models in origami facilitated an approach to the three-dimensional representations of matter; allowing in this way, explain, describe and predict spatial changes of the atoms that constitute organic molecules with stereogenic centers, through the acquisition of visospacial skills.

Methodology

This project was approached from the interpretive paradigm (Pérez, 2015), taking into account that it was intended to understand the parameters that regulate the

teaching of stereoisomers and the implication of molecular models in origami, as a tool of didactic transposition. On the other hand, the approach is qualitative taking into account that it was based on an interpretative perspective centered on the understanding of the meaning of human actions, according to Hernández, Fernández and Baptista (2010). The method used for the research was of the quasi-experimental type, with non-equivalent group design without pretest (Cook & Campbell, 1979). This design is characterized because the assignment of the groups is not random; therefore, the equivalence of the groups is not guaranteed, likewise, several experimental groups can be used to which the experimental treatment is applied, but not to the control one. For the measurement, all the research group is applied a final test or post - test, according Briones (1998).

The population and sample of this research was chosen non-randomly and for convenience, taking into account the possibility of conducting the workshops in four groups of students who were studying subjects related to stereoisomeric content, in two of the most important Universities of Boyacá. The Pedagogical and Technological University of Colombia (UPTC), had three sample groups, the first group, consisting of students who were studying the subject of Organic Chemistry I, the program in Chemistry; the second, constituted by students who studied the subject in Biochemistry, of the program in Biology, and the third group, made up of students of the Organic Chemistry subject, of the Bachelor's Degree in Natural Sciences and Environmental Education. The University of Boyacá (UB), had a group, made up of students of the subject in biochemistry, of the physiotherapy program. In Table I, the research groups are characterized, relating for each of them the University, the program to which it belongs, the academic subject and semester and the number of students for each group.

Table I. Characterization of the population and sample.

Group	college	Program	Subject	Semester	Number of students
Group A	UPTC	Chemistry	Organic Chemistry I	Second	31
Group B	UPTC	Biology	Organic Chemistry	Second	30
Group C	UPTC	Bachelor of Natural Sciences and Environmental Education	Organic Chemistry	Quarter	20
Group D	UB	Physiotherapy	Biochemistry	Second	20

In table 2, the registration sequence for each of the groups that intervened in the methodology is related, where (-) means that it is not done and (x) that it is done.

Table 2. Methodological Record Sequence

Registration Sequence				
Group	Pretest	Diagnosis	Treatment	Final test
Group A	-	X	-	X
Group B	-	X	X	X
Group C	-	X	X	X
Group D	-	X	X	X

As a result of the quasi-experimental design proposed with non-equivalent groups without pretest, it should be clarified that for the research there was a control group (group A). Therefore, groups B, C and D were experimental.

Procedure

This investigation was carried out in three phases. In the first phase: "Diagnosis", a diagnostic test was developed for all the students of the groups under study, in order to know the previous knowledge about molecular representations, the concept of isomers and their difference with stereoisomers. The test consisted of five questions that describe two categories of evaluation: "Perceptions about molecular representations" and "Identification of molecular representations". Annex 1 contains the diagnostic test, where questions 1 and 5 correspond to the first category and questions 2, 3 and 4, to the second category.

The second phase: "design and implementation of the teaching strategy", in which a tutorial was designed activities molecular modeling using the origami technique, distributed to guide four class sessions, each with a intensity two hours. The guide was used only with the experimental groups, for the control group the same number of workshops was oriented, from a traditional teaching approach (see figure 1).

**Figure 1.** Didactic guide cover

Next, in Table 3, the coherence matrix is related to the four workshops carried out for the experimental groups, taking into account the didactic guide designed. In Annex 2 is one of the most significant activities of the didactic guide, in this one there were exercises of molecular modeling in origami and proposal of the two-dimensional projections of these models.

Table 3. Coherence matrix about the workshops.

Workshop	Topic	Activities
1	Isomers Structural isomers	a) Elaboration of the molecular model of Carbon. b) Three-dimensional representation in two dimensions. c) Preparation of Structural Isomers
2	Stereoisomer, enantiomers and chirality	a) Identification of chiral and achiral molecules. b) Enantiomers of Limonene. c) Configuration of an amino acid with a chiral center.
3	Diastereoisomers Configuration of diastereoisomers.	a) Diastereoisomers in amino acids. b) Diastereoisomers of glucose. c) Stereoisomeric relations.
4	Meso Compounds	a) Identification of meso compounds. b) and c) Planes of symmetry in meso compounds.

The third phase: "evaluation phase", where a final test was developed, which evaluated all the groups, including the control group. This test consisted of seven questions that evaluated two categories, the first: "identification of molecular representations", relating the bidimensional and three-dimensional character of the matter. The second category evaluated: "conceptualization of stereoisomerism", such as chirality, configuration of chiral centers, diastereoisomers and meso compounds. Annex 3 contains the final test, where questions 1, 3 and 5 correspond to the first category and questions 2, 4, 6 and 7, to the second category.

In order to carry out research in education, it is important to have reliable and validated instruments, as mentioned by Galicia, Balderrama and Edel (2017). Taking into account the above, the validation of the evaluation instruments - diagnostic test and final test - of this investigation was carried out through a procedure known as: "Expert Judgment". The methodology used for this was of a qualitative type and consisted in providing the tests to three teachers, experts in the area of chemistry and didactics

of chemistry, of the Pedagogical and Technological University of Colombia, who made some recommendations or suggestions, prior to the implementation of these instruments. It is to be considered that the validating teachers, reviewed the tests twice, in order to refine the tests used. Table 4 lists the academic profile of the evaluators, as well as the criteria evaluated during the validation process for the diagnostic and final test of the investigation.

It should be added that for each question of both the diagnostic test and the final test, it was evaluated according to a rating scale characterized below in table 5.

Results

Diagnostic test

Then, Figure 1 and 2 show the percentages of results obtained for the categories in each rating scales of the four study groups. These results of the diagnostic test allowed analyzing the weaknesses and conceptual strengths of each group, according to the evaluation categories.

In figure 2, the percentage of response for each assessment scale for category 1 of the diagnostic test is related. This shows that for the excellent and outstanding rating scale, group C stood out for having results of 22,5 and 52,5%, as well as group B, with an assessment of 8,3% and 45%, respectively. For the same scales group A, that is to say the control group, obtained the lowest percentages: 3,2% and 24,2%, respectively. In the insufficient and deficient scale group A obtained the highest percentages compared to the other groups, that is, 54,8% and 17,7%, in the case of group D, for the Insufficient assessment scale it obtained results of 0 %, however for the deficient scale it presented 47,5%.

Figure 3 shows the percentage results obtained for category 2 of the diagnostic test. For this category it is possible to analyze that group C with 40% obtained better results for the excellent rating scale, compared to the other groups. Regarding the outstanding rating scale, group B obtained higher results with 16,6%, compared to the other groups. For the insufficient scale, group A obtained the highest percentage with 43%, unlike group D, which obtained the lowest percentage for this scale

Table 4. Results validation process for evaluation instruments.

Validator Profile	Evaluation criteria	Diagnostic test		Final test	
		Round 1	Round 2	Round 1	Round 2
Validator 1 Professor of the Degree in Natural Sciences and Environmental Education (UPTC). Research areas: Teaching chemistry and education sciences.	The test is relevant, adjustments are recommended.	✓			
	The test is relevant, does not require adjustments.		✓	✓	✓
	The test is impertinent.				
Validator 2 Chemistry Teacher (UPTC) Research areas: Organic chemistry, analytical chemistry and physico-chemistry.	The test is relevant, adjustments are recommended.	✓		✓	
	The test is relevant, does not require adjustments.		✓		✓
	The test is impertinent.				
Validator 3 Chemistry Teacher (UPTC) Research areas: Organic chemistry, biochemistry, analytical chemistry.	The test is relevant, adjustments are recommended.	✓			
	The test is relevant, does not require adjustments.		✓	✓	✓
	The test is impertinent.				

Table 5. Assessment scale for each test question.

Rating scale	Abbreviation	Vigesimal interval	Description
Excellent	E	[8-10]	The question was answered correctly.
Outstanding	O	[6-8)	The question was partially, reaching a satisfactory level.
Insufficient	I	[4-6)	The question was answered partially, but did not reach a satisfactory level.
Deficient	D	[0-4)	The question was not answered or his answer was completely incorrect.

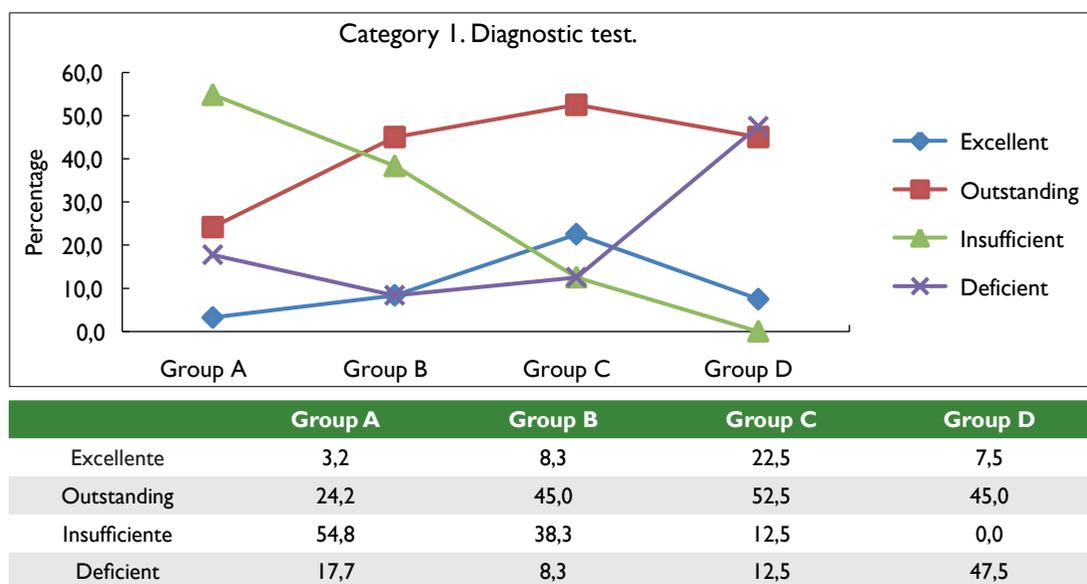


Figure 2. Percentage of results by rating scales for category 1 of the diagnostic test.

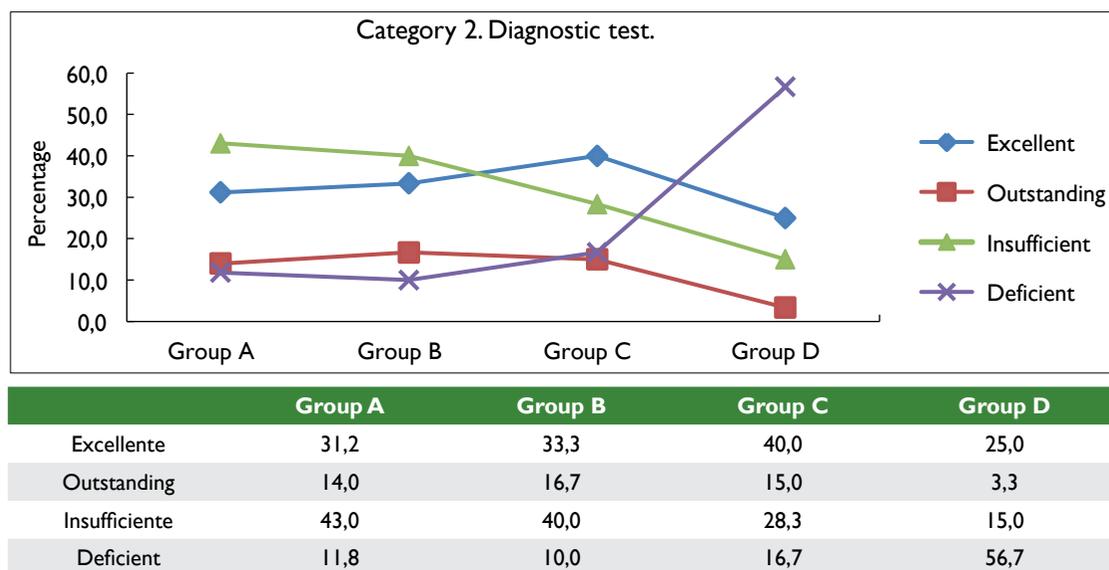


Figure 3. Percentage of results by rating scales for category 2 of the diagnostic test.

with 15%; finally, in the case of the deficient scale, it was identified that group D obtained the highest percentage of results with 56,7%.

Taking into account the previous results, it is possible to consider that the research participants, at a general level, use molecular representations of two-dimensional type, however, they present difficulties taking into account the degree of iconicity, that is, the degree of realism of a structure compared to the object it represents (Pro, 2003). This characteristic must precisely be related to the three-dimensionality of matter; therefore, Flamini and Wainmaier (2012) recommend the use of molecular models in order to improve spatial visualization.

On the other hand, regarding the conceptual association of the students, there is evidence of a limited mastery of concepts such as: molecular representation, three-dimensionality, isomers and stereoisomers. Simoes, Campos and Marcelino (2013), consider that the lack of mastery for this type of concepts is due to the pedagogical focus addressed in a traditional division of the curriculum between organic chemistry and inorganic chemistry. The same authors point out that these branches follow the main classification system, for organic chemistry consists of constitutional isomer and spatial isomer or stereoisomer, for the inorganic chemistry, its classification is limited exclusively to coordination compounds.

Final test

Figure 4 shows the percentage of the results obtained in category I of the final test, for each of the groups and the established evaluation categories. This highlights that for the excellent valuation scale group C obtained 53,3%, the highest percentage being. However, in the case of groups B and D, favorable results were also obtained for the control group, with 48,9% and 33,3% for the category in question, a similar case occurred on the outstanding scale, where experimental groups B, C and D obtained better results with 40%, 38,3% and 33,3%, respectively. In relation to insufficient and deficient scales, present the highest results with 57% and 11,8%, respectively; In the case of the deficient category, the control group was the only one that obtained classified responses within the deficient valuation scale.

In this category, difficulties of molecular visualization were evidenced, mainly for the control group, where the three-dimensional representations of the molecules were erroneously projected and at the same time, compositional errors of the material were committed. The experimental groups had greater mastery in the realization of black wedges to indicate that the link is in front of the plane and they perfectly identified the dashed lines, noting that the link is behind the plane, thus shaping the three-dimensional structure of the material.

In the case of groups B and C, which obtained higher percentages of responses in the excellent and outstanding

rating scales, it was identified that to make the three-dimensional representations, first they make the semi-developed formula of the composed; this process involves the transformation of a mental representation through an operation, to produce a new representation, as Briggs and Bodner (2005).

Another important aspect to highlight is the difficulty presented by group A (control group) to assign the configurations in the chiral centers of the molecular representations; for Perez (2008), this is because the lower priority substituent is not always projected opposite to the observer, therefore, students experience inconveniences to mentally operate the chiral center until this condition is fulfilled.

Figure 5 shows the percentage of the results obtained for category 2 of the final test. These results highlight that group B, C and C, that is, the experimental groups obtained the highest results for the excellent rating scale, with 75.8% and 68.8% and 62.5%, respectively. In relation to the control group, it is noteworthy that for the outstanding valuation scale, it obtained the highest percentage, with 31.5%; however, for the insufficient and deficient scales it obtained the highest percentages with 16.1% and 15.3% respectively, exceeding the results of the experimental groups that did not exceed 5%.

For this category it was evidenced that in the experimental groups, the students related concepts about stereoisomers from spatial visualizations of the matter. Authors

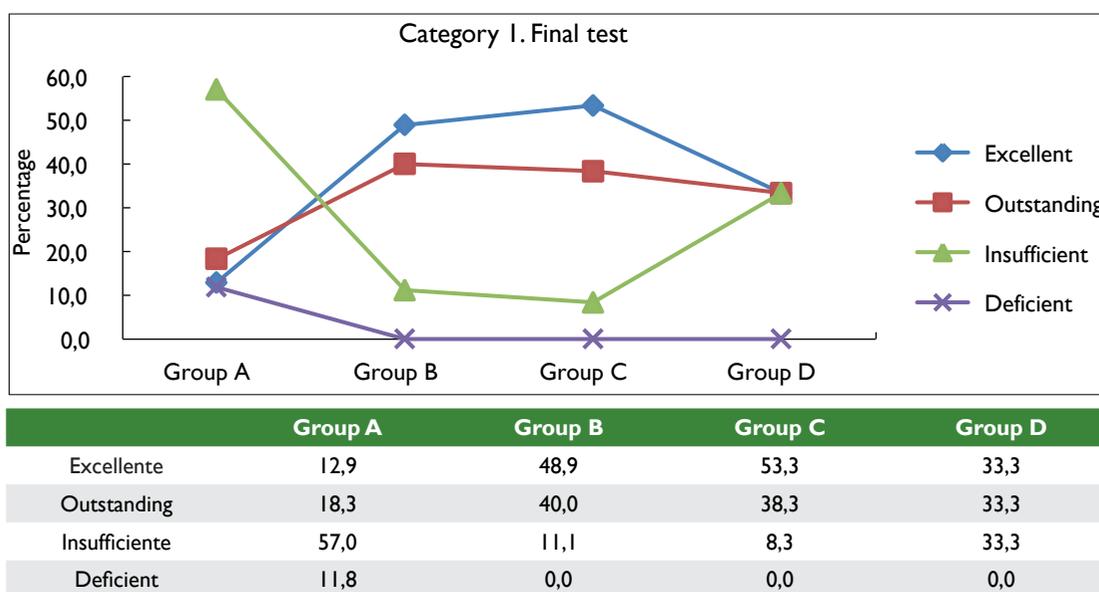


Figure 4. Percentage of results by rating scales for category I of the final test.

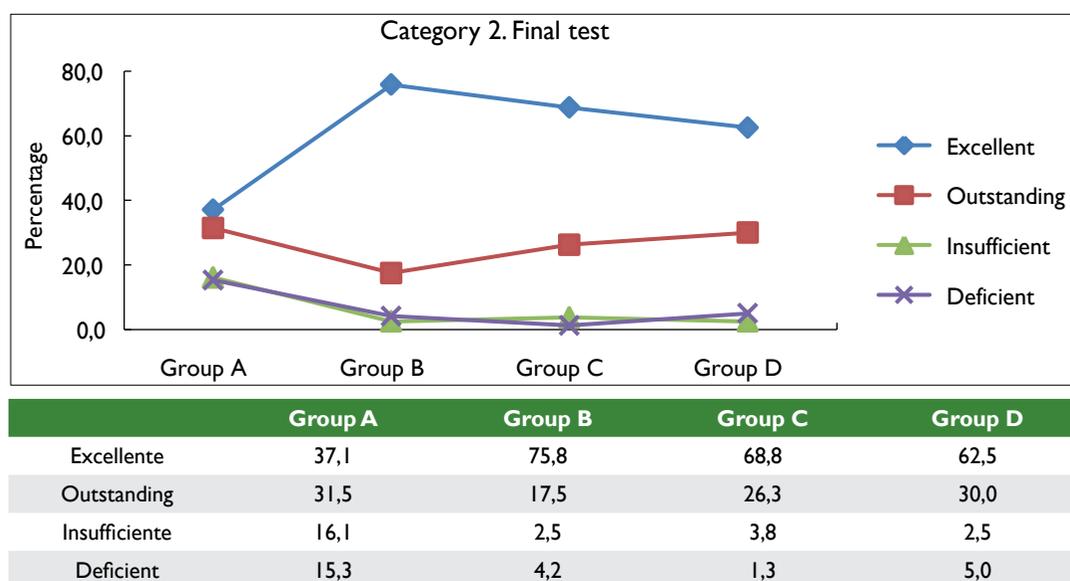


Figure 5. Percentage of results by rating scales for category 2 of the final test.

such as Wu and Shah (2004), resumed by Cadavid (2013) argue that this process of molecular visualization contributes to an internal representation that requires a physical model, for this reason students who interacted with molecular models in origami, obtained better results in the scales of excellent and outstanding valuation.

The identification of chiral centers and their configuration, was another significant contribution of the didactic strategy, when contrasting the results obtained between the control group and the experimental ones. Authors such as Pérez (2008), Lima (2015), Rezende, Amauro and Rodrigues (2016) have developed didactic strategies to improve the understanding of these concepts. Hernández (2015) and Castro (2007) agree that chirality is one of the fundamental pillars of life, because most biological processes have a high degree of enantioselectivity, which can produce different biological effects at the cellular level or organismic.

It is important to highlight the ability of students to make mental turns of molecules at a certain angle, establishing spatial relationships that require the mental rotation of molecules, either in two dimensions or three, this type of process is described by Pribyl and Bodner (1987) as a relationship is spatial and molecular visualization. In this sense, Gardner (2001) points out that the mental realization of turns in space implies a task of demanding mental transformation that must be strengthened in the teaching-learning processes.

Gilbert (2010) considers that one of the most important competences for the learning of sciences is spatial visualization, but there are complex concepts that refer to abstract levels, which means the need to intervene in the teaching-learning process, for transform and bring the contents into a didactic version that can be understood by the students (Buchelli & Marín, 2009). Based on this, it is considered that the methodological process of this research allowed a transformation on stereoisomeric contents, emphasizing stereoisomers with stereogenic centers, since through the design and implementation of a guide with origami modeling activities, they read content of knowledge (conceptual) into teaching content.

From the didactic transposition theory, the difference between the knowledge taught and the erudite knowledge is legitimized, carrying out two transpositions as such, one external and one internal (Alfaro & Chavarría, 2012), the external one is related to the contents curricular of the subjects in which this research was directed (Organic Chemistry and Biochemistry) and the internal character was constituted by the participation of the research teachers by adapting changes of knowledge to teach about stereoisomers. Finally, it is recognized that molecular models in origami were an indispensable resource in the didactic transposition since they favored the development of spatial visualization skills, transforming commonly oriented contents from a flat and two-dimensional profile to one of three-dimensional representation, by manipulating models physical molecular manipulatives.

For the quantitative analysis of the final test, the χ^2 test of goodness of fit was applied, this non-parametric test was used in order to analyze the distributions of the observed results and the theoretical results in the categories of each test: the diagnostic test and the final test. For these hypotheses, the following hypotheses were proposed:

Null hypothesis (Ho): The number of observed results is statistically equal to the expected, where $p \geq 0,05$. It should be added that the value of 0,05 is a value established according to the 95% confidence level.

Alternate hypothesis (Ha): The number of results is different from the statistically expected at least on some rating scale, where $p < 0,05$.

Then, in table 6 the data obtained in the χ^2 test for category 1 of the final test are described, when comparing the observed results with the expected results for each group in the assessment scales, it was determined that $p < 0,05$; therefore, the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted, which shows that the amount of data compared is statistically different in at least one category, such as it can be seen in the case of

group D, when comparing the observed data with the expected data in the excellent, outstanding and insufficient scale, the same frequency was obtained; however, in the deficient scale, the frequency obtained in the observed data is different from that in the expected data.

Table 7 shows the values obtained for the χ^2 test of goodness of fit for category 2 of the final test, in which the observed data is compared with the expected data in each of the rating scales, where the values p for group A it was 0.0004 and for groups B, C and D it was 0, these values being less than 0,05, therefore the alternative hypothesis is approved and the null is rejected, because the amount of observed data is statistically different from what was expected.

In consideration of the values of p (level of significance) obtained in the χ^2 goodness-of-fit test, for the results of the final test, in relation to the rating scales used for each category, the null hypothesis was rejected and the alternate hypothesis was accepted, indicating that the amount of expected results (data) is different from the statistically expected results, at least on a rating scale, where the level of significance p it was less than 0,05.

Table 6. χ^2 test of goodness of fit for category 1 of the final test.

Chi ² of goodness of fit for category 1 of the final test.											
Group	Data observed by group. (Rating scale)				f	Expected data by group. (Rating scale)				Value p	Chi ²
	E	O	I	D		E	O	I	D		
A	12	17	53	11	93	23,25	23,25	23,25	23,25	0,0000	51,6
B	44	36	10	0	90	30	30	30	30	0,0000	51,0
C	32	23	5	0	60	20	20	20	20	0,0000	38,9
D	20	20	20	0	60	20	20	20	20	0,0001	20,0

Table 7. χ^2 test of goodness of fit for category 2 of the final test.

Chi ² of goodness of fit for category 2 of the final test.											
Group	Data observed by group. (Rating scale)				f	Expected data by group. (Rating scale)				Value p	Chi ²
	E	O	I	D		E	O	I	D		
A	46	39	20	19	124	31	31	31	31	0,0004	17,8
B	91	21	3	5	120	30	30	30	30	0,0000	171,8
C	55	21	3	1	80	20	20	20	20	0,0000	93,80
D	50	24	2	4	80	20	20	20	20	0,0000	74,80

■ Conclusions

Taking into account the results obtained in the diagnostic test, it was determined that for category 1, called "Perceptions about molecular representations" groups B, C and D, obtained better response percentages in the excellent assessment scales, these being, 8,3%, 22,5% and 7,5%, respectively; in the case of the outstanding rating scale, the aforementioned groups obtained the best results, with 45%, 52,5% and 45%, respectively. In relation to the insufficient scale, group A presented the highest results with 54,8% and in the deficient scale, group D obtained 47,5%. Therefore, it was determined that mainly group A did not prove correct appropriation of molecular representations, taking into account the results obtained in the insufficient and deficient categories.

Groups A, B and C obtained better percentages of results in the excellent and outstanding rating scales for category 2 of the diagnostic test, suggesting that these groups have greater mastery in the identification of molecular representations. However, in relation to the insufficient valuation scale, group A obtained the highest percentage with 43%, and for the deficient scale group D obtained 56,7%, being the highest percentage in relation to Groups A, B and C.

The results obtained in the final test, determined that the didactic strategy implemented, contributed to the didactic transposition of contents in stereoisomer and the development of visuospatial skills, this taking into account that the experimental groups (Groups B, C and D) obtained the percentages higher response rates for the excellent rating scale, being: 48,9%, 53,3% and 33% in category 1 called: Perceptions about molecular representations "and for category 2:" Identification of molecular representations "obtained percentages response of 75,8%, 68,8% and 62,5%. On the other hand, the control group (group A) presented the highest percentages for the insufficient assessment scales of the two categories, with 57% and 16,1%; likewise, it obtained the highest percentage in the scale of poor valuation of the two categories, with 11,8% and 15,3%, respectively.

In relation to the quantitative analysis through the Chi² test of Goodness of Adjustment and the values of significance (*p*), obtained in relation to the percentages of results obtained and those expected, it was determined that these did not follow a statistical distribution in

relation to the sample used, therefore, the null hypothesis was rejected and the alternative hypothesis was accepted.

■ Acknowledgments

The article is an outcome of a research named: Transposición Didáctica de Estereoisomería en Moléculas Orgánicas Mediante Modelos Moleculares en Origami, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

■ References

- Alfaro, C. & Chavarría, J. (2012). La Transposición Didáctica: un ejemplo en el sistema educativo Costarricense, *Uniciencia*, 21, 153-168.
- Briggs, M., & Bonder, G. (2005). A model of molecular Visualization. *Visualization in Science Education*, 90-105.
- Briones, G. (1998). Investigaciones o Diseños Experimentales, *Revista Electrónica de Estudios de Opinión*, 2, 1-18.
- Buchelli, G. & Marín, J. (2009). "Transposición didáctica: bases para repensar la enseñanza de una disciplina científica. I parte", *Revista Académica e Institucional de la UPCR*, 85, 17-38.
- Cadavid, V. (2013). *Relaciones entre la metacognición y el pensamiento visoespacial en el aprendizaje de la estereoquímica*, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.autonoma.edu.co/xmlui/handle/11182/186>
- Castro, M. (2007). *Nuevas contribuciones de la cromatografía electrocinética con detección UV y de la espectrometría de masas en el campo de las separaciones quirales*, Universidad de Alcalá, Barcelona, España. Recuperado de <https://eubuh.uah.es/dspace/handle/10017/1578?locale-attribute=es>
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*, Buenos Aires Argentina, Aique.
- Cook, T. & Campbell, D. (1979). *Quasi-experimentation. Design and analysis issues for field settings*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Flamini, L. & Wainmaier, C. (2012). Representaciones Moleculares: Reflexiones Sobre Su Enseñanza, *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, 307-316. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.3671/ev.3671.pdf
- Galicia, L., Balderrama, J. & Edel, E. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: propuesta de una herramienta virtual. *Apertura*, 9, 42-53. <http://dx.doi.org/10.18381/Ap.v9n2.993>

- Gardner, H. (2001). *Estructura de la mente: teoría de las inteligencias múltiples*. Colombia: Fondo De Cultura Económica. https://utecno.files.wordpress.com/2014/07/howard_gardner_-_estructuras_de_la_mente.pdf
- Garrido, B. (2007). "Papiromoléculas: modelos moleculares de papiroflexia para el estudio de la geometría molecular". *Aprendizaje Activo de la Física y la Química*. Madrid, 27-34. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=375164>
- Gilbert, J. (2010). Modelling, Modelos, and Visualization. *Asian Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1) pp. 4-12.
- Hernández, D. (2015). La quiralidad en las biomoléculas, del espacio al planeta Tierra, *Síntesis Catalítica Asimétrica: Una visión integral de los enantiómeros* (pp. 17-18), México: Centro de Investigaciones químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4678464.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México, D.F: McGraw-Hill.
- Lima, M. (2015). *Proposta de jogo químico como estratégia didática no ensino a distância abordando o conteúdo de estereoquímica*, Universidad de Federal do Rio Grande do Norte, Río de Janeiro, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/20594>
- Pérez, A. (2008). La equivalencia entre las paridades de los intercambios de dos sustituyentes y las reflexiones especulares, en la determinación de la quiralidad de átomos tetraédricos: ¡Una demostración con espejos!, *Educación Química*, 1, 146-151.
- Pérez, M. (2015). Los métodos de investigación en educación. En A. Pantoja (Ed) *Manual básico para la realización de tesis, tesis y trabajos de investigación*, España: Madrid EOS.
- Pérez, V. (2013). *Separación Enantiomérica y/o Determinación de Compuestos de Interés Medioambiental por Metodologías Analíticas Electroforéticas y Cromatográficas Innovadoras*, Universidad de Alcalá, España. Recuperado de <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/20181>
- Priblyl, J. & Bodner, G. (1987). Spatial ability and its role in organic chemistry: a study of four organic courses, *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 229-240.
- Pro, M. (2003). *Aprender con imágenes*. Barcelona: Ed. Paidós.
- Rezende, G., Amauro, N. & Rodrigues, G. (2016). Desenhando Isómeros ópticos, *Conceitos Científicos em Destaque*, 38, 133-140. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160018>
- Simoës, J., Campos, A. & Marcelino, C. (2013). El uso de situaciones problema para la enseñanza superior de isomería en química inorgánica. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4, 61-68.
- Verret, M. (1975). *Transposition Didactique*. París: Librairie Honoré Champion.

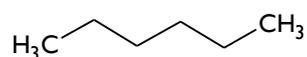
ANNEXES

ANNEX 1.

DIAGNOSTIC TEST

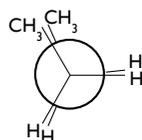
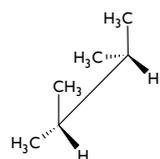
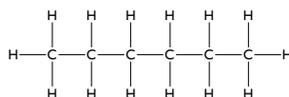
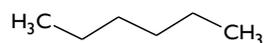
1) What molecular representations do you know? _____

2) Write the molecular, empirical, condensed and Kekulé representation of the following molecule:



3) Draw the types of carbon atomic hybridization.

4) Select the three-dimensional representation of an alkane with 6 Carbon atoms.



5. What is an isomer? What are stereoisomers?

ANNEX 2.

THREE-DIMENSIONAL REPRESENTATION IN TWO DIMENSIONS.

Indications: represents the molecular models in origami, by wedge or easel, according to the view of the observer, as shown in the photographs.



Analyze!

- What was the molecule that was most difficult to represent? Why?
- How do molecular models allow you to position yourself spatially?
- If the molecular models that appear in the photographs are rotated 180°, will their two-dimensional representation be different from what you did in the activity?

ANNEX 3.

FINAL TEST

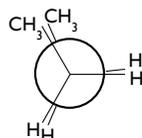
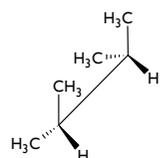
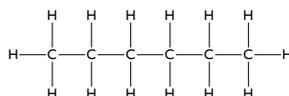
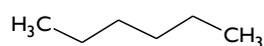
1. Why are these compounds not the same?



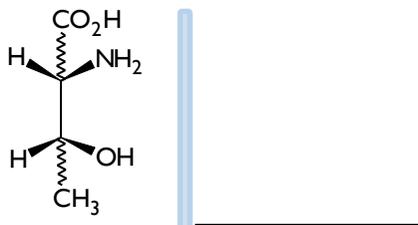
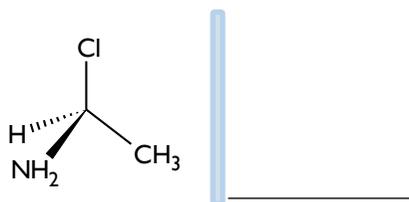
2. What are stereoisomers?

3. Represent on the sawhorse the 2-methylbutane molecule.

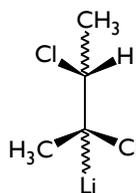
4. Select the chiral compounds and indicate with an asterisk (*) the asymmetric carbon.



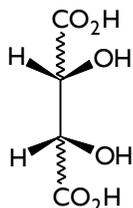
5. It represents the mirror image of the following compounds and determines their configuration (R or S).



6. Find the diastereomers of the following molecule:



7. By rotating the next molecule 180°, will you get a stereoisomer of the meso type? Justify your answer.



2R, 3S

Artículo de Investigación

Resolución de problemas con tecnología en un ambiente de aprendizaje colaborativo wiki en la educación media

Problem solving with technology in a wiki-supported collaborative learning environment in secondary education

Resolução de problemas com a tecnologia em um ambiente de aprendizagem colaborativa wiki no ensino médio

Gerzon Yair Calle-Álvarez^{a,*} | Iván Darío Agudelo-Correa^b

^a <https://orcid.org/0000-0002-4083-6051> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

^b Institución Educativa San José del Citará, Ciudad Bolívar, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019/04/11
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019/10/23
- **Fecha de aprobación:** 2019/10/28
<http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.876>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Calle-Álvarez, Y. G., & Agudelo-Correa, I. D. (2019). Resolución de problemas con tecnología en un ambiente de aprendizaje colaborativo wiki en la educación media. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 151-165. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.876>

RESUMEN

El estudio tiene como finalidad caracterizar el procedimiento que realizan los estudiantes de la educación media para resolver problemas con tecnología en un ambiente de aprendizaje colaborativo apoyado en la wiki. Como método de investigación se utilizó la investigación-acción. Participaron diez estudiantes del grado once, de una institución educativa pública del municipio de Ciudad Bolívar, Antioquia, Colombia. Los resultados evidenciaron que el reconocimiento del contexto es necesario para plantear hipótesis de solución. En las conclusiones se afirma que cuando se aplican las etapas de identificación del problema, búsqueda y selección de información, formulación de hipótesis, ejecución de la hipótesis y evaluación de la solución, los estudiantes tienen mayores posibilidades de encontrar una solución que responda a la problemática inicial.

Palabras clave: aprendizaje colaborativo, educación media, resolución de problemas, tecnologías de la información y la comunicación, wiki



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: gerzon.calle@udea.edu.co

SUMMARY

The purpose of the study is to characterize the procedure performed by high school students to solve problems using technology in a collaborative wiki-supported learning environment. Action research was used as the methodology. Ten eleventh-grade students from a public educational institution in the municipality of Ciudad Bolívar, Antioquia, Colombia, participated. The results show that recognition of the context is necessary to propose hypotheses for a solution. The conclusions affirm that when students apply the stages of problem identification, information research and selection, hypotheses formulation, hypothesis execution, and solution assessment, they are more likely to find a solution that responds to the initial problem.

Keywords: Collaborative learning, media education, problem solving, information and communication technologies, wiki

SUMÁRIO

O estudo tem como objetivo caracterizar o procedimento que os alunos do ensino médio realizam para resolver problemas com a tecnologia em um ambiente de aprendizagem colaborativa suportada no wiki. Como método de pesquisa, foi usada a pesquisa-ação. Participaram dez alunos do décimo primeiro ano, de uma instituição pública de ensino do município de Ciudad Bolívar, Antioquia, Colômbia. Os resultados mostraram que o reconhecimento de contexto é necessário para propor uma hipótese de solução. As conclusões afirmam que, quando são aplicados os estágios de identificação do problema, busca e seleção de informação, formulação de hipóteses, execução de hipóteses e avaliação da solução, é mais provável que os alunos encontrem uma solução que responda ao problema inicial.

Palavras-chave: Aprendizagem colaborativa, ensino médio, resolução de problemas, tecnologias da informação e comunicação, wiki

Incorporar en el aula de clases estrategias para estimular en los estudiantes habilidades para la resolución de problemas, mediante el aprendizaje colaborativo, obliga al profesor a pensar las herramientas que requiere, los estilos de aprendizaje de los estudiantes, los procesos de evaluación, el uso o no uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), hasta el papel del profesor en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Además, la tecnología desempeña un papel importante apoyando la pedagogía, y coadyuvando al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas. Cabero (2015) dice que facilita “que los alumnos aprendan por sí mismos, solos o en grupos, contestando preguntas y resolviendo problemas con la ayuda, la orientación y la guía de su profesor” (p. 24). Por otra parte, Moreno-Martínez, López-Meneses y Leiva-Olivencia (2018) plantean que no deben satanizarse las máquinas y las tecnologías debido a sus aportes para el trabajo colaborativo y la resolución de problemas, lo que favorecerá superar la brecha digital.

Es necesario que el estudiante fortalezca habilidades que le permitan resolver problemas individual y colaborativamente,

y que la escuela cree nuevos escenarios para transformar las formas de enseñar y de aprender, y como afirma Marchesi y Díaz (2009) que tenga “en cuenta la cultura de las nuevas generaciones para que el proceso de enseñanza y de aprendizaje tenga sentido también para los estudiantes y no sea vivido como algo aburrido y ajeno a sus preocupaciones e intereses” (p. 3). Solucionar problemas en un ambiente de aprendizaje colaborativo promueve la escucha del otro, la exposición de ideas, la discusión, el consenso y, posteriormente, el planteamiento de hipótesis. Enseñar y aprender en ambientes colaborativos suscita espacios en los que se desarrollan habilidades donde cada uno es autónomo en su proceso de construcción de conocimiento. Estos ambientes generan múltiples posibilidades y oportunidades de intercambio de aprendizajes, lo que potencia el crecimiento del individuo y del grupo en general, que es el fin del trabajo colaborativo, y se logra estableciendo estrategias didácticas que ayuden con este proceso.

Los resultados de las pruebas del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes PISA 2015, publicados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo

Económicos (OCDE, 2017), colocan a Colombia en los últimos puestos en lo relacionado con la evaluación de resolución colaborativa de problemas de la vida real con un promedio de 429 puntos, muy por debajo de la media (500 puntos) de la OCDE. Cerca del 58% de los estudiantes colombianos, que presentaron la prueba, obtuvieron un rendimiento por debajo del nivel I (bajo) y menos del 1% de los estudiantes colombianos alcanzaron el nivel 4 (superior).

En el plano colombiano, el Gobierno Nacional propone desafíos para que los profesores incluyan la solución de problemas en su práctica educativa. Es así como el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2008) entre los alcances de la alfabetización en tecnología orienta a propiciar en los estudiantes “el reconocimiento de diferentes estrategias de aproximación a la solución de problemas con tecnología, tales como el diseño, la innovación, la detección de fallas y la investigación” (p. 12). Además, invita a que los estudiantes adquieran habilidades para solucionar problemas que transformen el entorno, que asimilen conceptos de diseño, sistemas tecnológicos, fuentes de energía, procesos productivos, la simulación y el trabajo colaborativo que son otras de las múltiples posibilidades de la enseñanza en tecnología e informática.

Serrano, Crisanchó y Soler (2016) llevaron a cabo una investigación con 18 estudiantes de grado décimo de la especialidad de Dibujo Técnico, del Instituto Técnico Industrial Francisco José de Caldas, en Bogotá, Colombia, con los que buscó proponer solución a un problema de diseño, fundamentado en la construcción de estructuras en espagueti. La propuesta se desarrolló en cuatro etapas: comprender el problema, concebir un plan, ejecutar el plan y revisar los resultados. Las conclusiones destacan que el desarrollo de actividades tecnológicas especiales (ATE) fue una oportunidad práctica que favorece la reflexión y la acción hacia la tecnología. Al llevar a cabo la experiencia diseñada, los estudiantes se enfrentaron a situaciones que exigieron la comprensión de principios teóricos y reflejar sus aprendizajes para construir conocimientos relacionales y funcionales; y que los objetivos, acciones y resultados atienden al mismo propósito, permitiendo el enfoque profundo de aprendizaje de la tecnología.

Este artículo tiene como objetivo caracterizar el procedimiento que realizan los estudiantes de la educación media para resolver problemas con tecnología en un ambiente de aprendizaje colaborativo apoyado en la wiki. Vale aclarar que se plantea la resolución de problemas con tecnología como un sinónimo de solución de problemas con

tecnología, para atender a uno de los cuatro componentes de los estándares de tecnología e informática que redactó el MEN (2008) y que los nombra en el siguiente orden: naturaleza y evolución de la tecnología, apropiación y uso de la tecnología, solución de problemas con tecnología, y tecnología y sociedad. De acuerdo con el MEN (2008), la resolución de problemas con tecnología

se refiere al manejo de estrategias en y para la identificación, formulación y solución de problemas con tecnología, así como para la jerarquización y comunicación de ideas. Comprende estrategias que van desde la detección de fallas y necesidades, hasta llegar al diseño y a su evaluación (p. 14).

Con frecuencia, los profesores de las instituciones educativas dedican su cátedra a enseñar a manejar herramientas ofimáticas (Word, Excel y PowerPoint), el Internet para hacer búsquedas y en ocasiones el uso de blogs o presentaciones en línea con el empleo de Prezi. Sin embargo, la competencia “resolución de problemas con tecnología” como lo expresa el MEN (2008) en su documento “Orientaciones generales para la educación en tecnología”, pocas veces se desarrolla con los estudiantes, porque es difícil de abordar, requiere preparación y cambiar el rol de profesores y estudiantes, donde el estudiante es el actor principal, el artífice de su conocimiento y el profesor deja de ser el protagonista, se convierte en un facilitador y copartícipe de los procesos de aprendizaje junto con sus estudiantes. Por ello, la presente investigación pretende ser un aporte para continuar estudiando estrategias que conduzcan a la resolución de problemas con o sin tecnología, estrategias que lleven al estudiante a ser más crítico, exponer sus ideas, discutir, argumentar, concluir y solucionar problemas de la vida diaria.

■ Marco teórico

Existe un problema cuando se encuentra una diferencia entre la situación actual y la situación que se considera ideal, y para dar respuesta se apela a conocimientos diversos en los que se utilizan la lógica, las técnicas y las herramientas que se aplican en forma organizada. Poblete y Villa (2007) sostienen que

un problema es una cuestión que no tiene una solución predefinida. El problema, además, tiene que ser una cuestión interesante, que provoque las ganas de resolverla, una tarea a la que se esté dispuesto a dedicarle tiempo y esfuerzos (p. 139).

Si se resuelve satisfactoriamente, provoca una sensación de agrado y motivación para desarrollar nuevos retos.

De acuerdo con Pozner y Fernández (2000), “los problemas nacen de un malestar, de la identificación de una dificultad o del entorpecimiento de una aspiración o necesidad” (p. 13). Los problemas surgen al tiempo en que se hace presente una necesidad humana, es allí cuando las personas, con el ánimo de superar esa precariedad, intentan dar solución a ese problema acudiendo a su ingenio, destreza, información y conocimientos previos. En esta línea, Gutiérrez-Rodríguez (2018) plantea que las competencias de interpretación y solución de problemas deben promoverse en la escuela por su importancia para responder a los retos que se les presentan a las personas a lo largo de la vida.

La OCDE (2017) define la resolución colaborativa de problemas como

la capacidad de una persona para implicarse de forma eficaz en un proceso en el que dos o más participantes intentan resolver un problema compartiendo la comprensión y el esfuerzo necesarios para llegar a una solución y mancomunar conocimientos, destrezas y esfuerzos para este fin (p. 28).

Este concepto pone de manifiesto la importancia que tiene aplicar los conocimientos adquiridos en otras circunstancias, tanto dentro como fuera de la escuela y en colaboración con otros.

En distintas asignaturas, los estudiantes se ven enfrentados a problemas de distinta naturaleza que requiere de destrezas para resolverlos de la mejor forma posible. Solano (2012) afirma que “la resolución de problemas permite a los estudiantes involucrarse en procesos cognoscitivos superiores como visualización, asociación, abstracción, comprensión, razonamiento, análisis, síntesis y generalización” (p. 32), que son habilidades que permiten que el estudiante adquiera un pensamiento crítico y reflexivo. A su vez, Coronel y Curoto (2008) sostienen que “la enseñanza desde esta perspectiva pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas” (p. 464). Por tanto, es necesario disponer los estudiantes para trabajar en este modelo, teniendo en cuenta los diferentes procedimientos a seguir para

resolver problemas de la escuela que luego pueden replicarse a problemas de la vida diaria.

Algunos autores proponen secuencias de pasos para solucionar problemas, entre ellos Bransford y Stein (1986), que consideran la resolución de problemas como un proceso que incluye seis pasos: identificar el problema, definir y representar el problema, explorar posibles estrategias, descomponer el problema en sus componentes elementales, actuar según las estrategias y evaluar y examinar los logros. A su vez, Polya (1989), en su libro “Cómo plantear y resolver problemas”, propone que para resolver cualquier tipo de problema se debe comprender el problema, concebir un plan, ejecutar el plan y examinar la solución.

Atendiendo a la función que cumplen los procedimientos o estrategias para la solución de un problema, se podría diferenciar cinco tipos de procedimientos, según Pozo y Postigo (1993): “1) adquisición de la información, 2) interpretación de la información, 3) análisis de la información y realización de inferencias, 4) comprensión y organización conceptual de la información y 5) comunicación de la información” (p. 10). Esto no quiere decir que toda resolución de problemas tenga que ser sometido estos cinco pasos, que en algunos casos pueden ser difusos, o que se deban seguir en ese orden secuencial, porque cada problema requiere un enfoque diferente para su mejor comprensión.

A su vez, Pozner y Fernández (2000) proponen las siguientes etapas: 1) identificar el problema, 2) explicar el problema, 3) idear las estrategias alternativas, 4) decidir la estrategia, 5) diseñar la intervención, 6) desarrollar la intervención y 7) evaluar los logros. La metodología, de acuerdo con las autoras, hace que se transite por estas siete etapas en forma sucesiva, pero con la posibilidad de retroceder a las etapas anteriores para afianzar conocimientos y poder avanzar con mayor decisión.

Peralta (2018) sostiene que uno de los elementos fundamentales para la formación académica consiste en la enseñanza basada en la resolución de problemas y que los métodos tradicionales se enfocaron en transmitir al aprendiz una heurística determinada sobre la manera en la que se resuelven problemas, pero dicho método no promueve una comprensión compleja del problema, lo que limita al solucionador una escasa capacidad de acción. Este autor hace un estudio de algunas estrategias, como lo es el caso de Yahoo Respuestas, el fenómeno de los

videoblogs, el uso de la hipermedia, entre otros. Finalmente, se propone la teoría de la actividad histórico-cultural (CHAT) como paradigma capaz de abonar procedimientos y fundamentos sobre la resolución de problemas.

La resolución de problemas planteada como una estrategia educativa, invita a profesores y estudiantes a explorar nuevos ámbitos de conocimiento. Navarro (2006) expone:

Esta estrategia acerca a los alumnos a la identificación del problema, la formulación de predicciones e hipótesis, la relación entre variables, el diseño experimental, la observación, medición, clasificación, seriación y demás técnicas de investigación, transformación e interpretación y análisis de datos, la utilización de modelos, la elaboración de conclusiones, el desarrollo de destrezas manuales y de comunicación (p. 62).

La resolución de problemas con o sin tecnología permite que los estudiantes desarrollen habilidades para identificar problemas, hallar la información requerida, buscar posibles soluciones y evaluar si esas soluciones encontradas si son las adecuadas para el problema planteado inicialmente. Para ello, Morales y Landa (2004) sugieren a los profesores que se trabaje en grupos o equipos pequeños para que haya una mayor interacción y participación de los estudiantes y, además, se propongan problemas que sean del interés de los estudiantes, de su cotidianidad para captar su interés y ganas de buscar una solución. A su vez, Calle (2013) plantea que el uso de tecnologías digitales aportará para la comunicación efectiva durante la resolución de problemas por parte de los estudiantes.

■ Metodología

El estudio se desarrolló desde las orientaciones de la investigación-acción. De acuerdo con McKernan (1999), “la investigación-acción la llevan a cabo los profesionales en ejercicio tratando de mejorar su comprensión de los acontecimientos, las situaciones y los problemas para aumentar la efectividad de su práctica” (p. 24). Este método “supone entender la enseñanza como un proceso de investigación, un proceso de continua búsqueda” (Bauselas, 2004, p. 1). Además, como afirma Tejedor (2018), “la investigación en la acción pretende contribuir tanto a los intereses prácticos de las personas como a los objetivos de la ciencia social” (p. 317).

Rodríguez y Valldeoriola (2012) plantean que “la investigación-acción se orienta hacia la resolución de problemas

mediante un proceso cíclico que va desde la actividad reflexiva a la actividad transformadora” (p. 63). En la misma línea, Torrecilla (2010) considera que “estas actividades tienen en común la identificación de estrategias de acción que son implementadas y más tarde sometidas a observación, reflexión y cambio” (p. 3). El método consiste en que los profesores y estudiantes realicen una serie de actividades, con el fin de optimizar los procesos, mejorar y construir dispositivos en forma colaborativa que den solución a problemas cotidianos.

■ Etapas

A continuación, una breve descripción de las actividades que se desarrollaron siguiendo las etapas propuestas por Evans (2010):

Planteamiento del problema: en esta etapa se realizó una lectura de los documentos relacionados con las pruebas PISA, leyes educativas colombianas, documentos institucionales y de la teoría sobre la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el uso de la wiki en la educación. Al final, se plantearon una pregunta y un objetivo de investigación.

Hipótesis de acción y plan de acción: luego de plantear la pregunta de investigación, se identificó una solución viable a dicha pregunta y para ello se consultaron algunos teóricos que han escrito sobre resolución de problemas, trabajo colaborativo y el uso de la wiki en la educación. Se diseñó el ambiente de aprendizaje colaborativo apoyado en la wiki. Al respecto, Calle (2013) afirma que

estos espacios se diseñan para crear condiciones pedagógicas que favorezcan el aprendizaje y que responda a las necesidades del contexto educativo, donde los profesores y estudiantes siguen siendo partícipes, el primero como orientador, y el segundo como sujeto activo de su propio aprendizaje (p. 2).

También en esta etapa se eligió una metodología, el enfoque y los instrumentos que dieron evidencia de los resultados. Luego, se convocaron los estudiantes, se citó a reunión con sus padres o acudientes y a los directivos docentes para presentar el proyecto, los compromisos institucionales y solicitar los permisos necesarios para la participación de los estudiantes.

Desarrollo de la propuesta de mejoramiento: en esta etapa se plantearon tres situaciones problemas

(desechos tecnológicos, página web y aplicación móvil) que debían ser solucionados en forma colaborativa y apoyados por una wiki en cinco pasos (identificación del problema, búsqueda y selección de información, formulación de hipótesis tendientes a la solución, ejecución de la solución y evaluación de la solución). Al finalizar cada situación problema se evaluó el producto obtenido con instrumentos como un protocolo escrito de verbalización retrospectiva para los desechos tecnológicos, coevaluación para la página web y matriz de valoración para la aplicación móvil.

Durante la implementación de esta propuesta se utilizó la wiki como un espacio de interacción, de debate, socialización y repositorio de información donde se vieron reflejadas todas y cada una de las etapas de la resolución de problemas. La intervención se llevó a cabo en veinte semanas, en las que los estudiantes asistieron a la sala de sistemas de la Institución Educativa San José del Citará, durante cuatro horas semanales. La sala de sistemas estaba dotada con 30 computadores de escritorio y 6 computadores portátiles, un video beam, un tablero acrílico y banda ancha de 30 Mb.

Evaluación y lecciones aprendidas: en esta etapa se analizaron los instrumentos considerados al comienzo de la investigación de la entrevista semiestructurada y el diario de campo. Se consolidaron las respuestas de la entrevista y los apuntes del diario de campo en un archivo de Microsoft Excel, se realizó lectura interpretativa y desde el análisis de contenido se determinaron las relaciones entre las subcategorías que emergían y cada fase de la resolución de problemas. Luego, se trianguló la información obtenida en estos instrumentos y se relacionó con la teoría consultada. Finalmente, se plantearon las conclusiones.

Difusión de resultados: al finalizar la resolución de las situaciones problema se presentó a toda la comunidad educativa de la Institución Educativa San José del Citará, en el caso de la página web, se le hizo una exposición a profesores, estudiantes y padres de familia para que la visitaran y le dieran uso; con el caso de la aplicación se hizo igual y se puso al servicio de los profesores de primaria instalándola en algunas tabletas que podían usar en sus clases.

■ Población

La investigación se llevó a cabo en el segundo periodo del 2017, con un grupo de estudiantes del grado once, pertenecientes a la media técnica en informática de la

Institución Educativa San José del Citará del municipio de Ciudad Bolívar, Antioquia. Este grupo estaba conformado por diez estudiantes, entre ellos seis mujeres y cuatro hombres de edades que oscilan entre los 16 y los 20 años.

■ Instrumentos de investigación

Entrevista semiestructurada: este instrumento tiene como propósito identificar los procedimientos no visibles que realizan los estudiantes en el proceso de resolución de problemas con tecnología. Esta contenía unas instrucciones para el entrevistador y cuatro preguntas orientadoras con relación a los siguientes ítems: identifica situaciones problema, búsqueda y selección de información, proposición de hipótesis de solución, evaluación de la solución presentada y trabajo en equipo. La entrevista se aplicaba al finalizar cada situación problema a los diez estudiantes.

Diario de campo: el diario de campo fue elaborado por el profesor investigador y aplicado por él mismo durante el proceso de solución de las situaciones problema. Se registraban observaciones generales en la que se incluían los elementos emergentes asociados a la resolución de problemas con tecnología. Para el diligenciamiento de este instrumento, el investigador observaba los estudiantes cómo asumían el rol que les correspondía, en otras ocasiones el profesor dialogaba con ellos para conocer lo que estaban tratando de hacer.

■ Situaciones problemas

Situación 1 - Desechos tecnológicos (SRRAT). En los últimos años se ha multiplicado la presencia de equipos electrónicos en los hogares y oficinas. El problema era identificar una forma de uso de los residuos tecnológicos que ha generado la institución educativa en los últimos tres años. Los estudiantes comprendieron el problema y reconocieron su importancia en la conservación del medioambiente.

Situación 2 - Página web. El docente investigador les sugirió a sus estudiantes la siguiente situación: los propietarios del “Café don Édgar” desean que su tienda sea conocida en la Internet y que sus clientes puedan saber qué productos venden y cuál es su precio, publicar los datos de la empresa y que sus clientes puedan hacer sus pedidos vía web, ¿cómo podrías ayudarles a los propietarios del

café? Sin embargo, los estudiantes propusieron algunas otras opciones y decidieron finalmente crear una página web relacionada con la celebración, en ese entonces, de los 80 años de su Institución Educativa San José del Citará. Vale anotar, que para ese momento, la institución no contaba con página web.

Situación 3 - Aplicación Móvil (ABCrea). El docente investigador le propuso a sus estudiantes crear una aplicación que diera solución al siguiente problema: los estudiantes conocen el sistema de evaluación de la Institución Educativa San José del Citará y saben que los dos primeros periodos académicos tienen una valoración del 20% cada uno y los dos últimos periodos del 30% cada uno, pero no saben cómo calcular la nota que requieren en cada uno de los periodos, después del primer periodo académico, para aspirar a ganar una asignatura al finalizar el año. Con una aplicación instalada en un dispositivo electrónico como Smartphone, Tablet o computador podrán calcular esas notas de una manera fácil y cómoda. Sin embargo, los estudiantes objetaron la propuesta y discutieron otras opciones, finalmente se pusieron de acuerdo en crear una aplicación que ayudara a los estudiantes de primaria en el proceso de lectoescritura, debido a la importancia de esta asignatura en la formación académica.

Modelo para la resolución de problema con tecnología

Para esta investigación en particular, se tuvo en cuenta las propuestas de Bransford y Stein (1986) y Polya (1989) con algunos leves cambios como puede apreciarse en la figura 1. Se hizo en cinco fases que quedaron registradas por los estudiantes en una wiki, a medida que ellos fueron avanzando. Estas fases estuvieron mediadas por la wiki y se llevaron a cabo en el siguiente orden: identificación del problema, búsqueda y selección de información, formulación de hipótesis tendientes a la solución, ejecución del plan de solución y evaluación de la solución.

Resultados y discusión

Para llevar a cabo la resolución de problemas con tecnología se usó un modelo obtenido de la mezcla de las propuestas de Bransford y Stein (1986) y Polya (1989), que el autor de esta investigación resumió en cinco etapas: identificación del problema, búsqueda y selección de información, formulación de hipótesis tendientes a la solución, ejecución de la hipótesis y evaluación de la solución. A continuación, se presentan los resultados según cada una de las etapas:

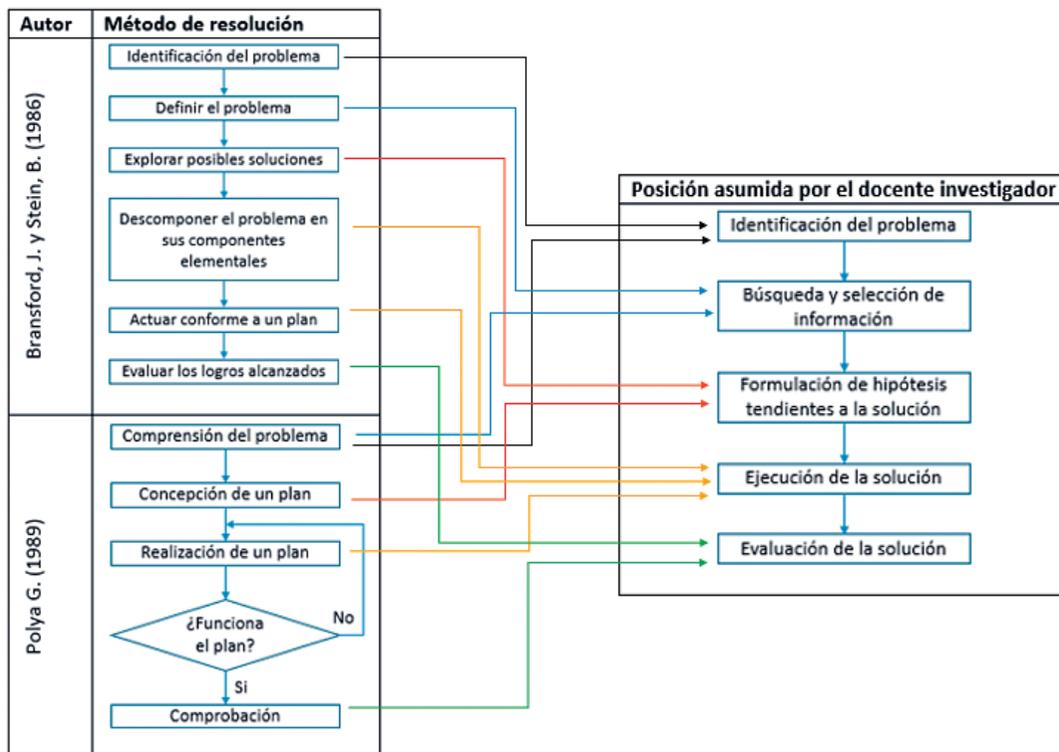


Figura 1. Métodos de resolución de problemas y posición asumida por el docente investigador

Identifica situaciones problema

En la entrevista semiestructura se plantearon tres preguntas orientadoras a la identificación de situaciones problemas: ¿Trabajar en equipo te ha sido útil para identificar problemas? ¿Cuáles indicios de los planteamientos presentados te ayudaron a identificar el problema? ¿Qué elementos se deben considerar al momento de identificar una situación problema? Las respuestas evidenciaron que el 80% de los estudiantes respondió que el trabajar en equipo favorece la comprensión de situaciones problemas. El 80% de los estudiantes indicó que decidieron investigar problemas que le beneficien o estén relacionados con la institución educativa. El 80% manifestaron que es importante tener en cuenta el entorno y la población que puede beneficiarse al momento de analizar las situaciones problemas.

Analizadas las tres preguntas relacionadas con identificar situaciones problema y los registros del diario de campo, se identificó que los estudiantes cuando trabajan en equipo reconocen situaciones problema con mayor facilidad y eligen temas que beneficien a la población tanto del colegio como del entorno cercano a su hogar. Una estudiante planteó: “el trabajo en equipo fomenta la cooperación, allí analizamos los puntos de vista de cada compañero para de esta forma llegar a un acuerdo, el cual nos lleva a una solución”. Este concepto lo corroboran Revelo-Sánchez, Collazos-Ordóñez y Jiménez-Toledo (2018), cuando afirman que algunas características del trabajo colaborativo son “la negociación y los procesos de diálogo que se dan al interior del grupo” (p. 3). Igualmente, Echazarreta, Prados, Poch y Soler (2009) indican que “el trabajo colaborativo exige a los participantes habilidades comunicativas, relaciones simétricas y recíprocas, así como un deseo de compartir la resolución de las tareas” (p. 4).

Durante la fase de identificación del problema, las orientaciones dadas por el profesor eran muy importantes. Según Travieso-Valdés y Ortiz-Cárdenas (2018), la primera etapa de la resolución exige que el profesor sea lo más claro y preciso con la información asociada al problema. Después de la exposición del problema por parte del profesor, los estudiantes se plantearon y resolvieron preguntas sobre el contexto, las razones y posibles consecuencias del mismo. Esto condujo a los estudiantes a debatir con argumentos cada una de las posibles situaciones que iban a resolver; finalmente, llegaron a acuerdos para seleccionar un problema al cual le apuntarían para encontrar una solución. En el caso SRRAT, fue fácil que los estudiantes estuvieran de acuerdo; con el caso de la

página web, hubo gran controversia, debido a que la mayoría de los estudiantes no querían hacer una página web para una empresa privada y finalmente decidieron hacer la página para la Institución Educativa San José del Citará; con el caso de la aplicación móvil ABCrea, los estudiantes a través de una lluvia de ideas, decidieron hacer una aplicación móvil que ayudara a los estudiantes de primaria en la comprensión lectora, la inferencia y el reconocimiento del abecedario.

Busca y selecciona información

En la entrevista semiestructurada se hicieron cuatro preguntas sobre la forma en que los estudiantes buscaban y seleccionaban la información: ¿Qué medios utilizaste para la búsqueda de información? ¿Cómo hizo el equipo para seleccionar la información más apropiada? ¿Cuáles estrategias de clasificación utilizaban para la selección de información? ¿La información montada en la wiki les ayudó a solucionar los problemas? Las respuestas arrojaron que el 100% de los estudiantes manifestaron que usaron las herramientas como Google para hacer sus búsquedas, también realizaban entrevista a personas externas e internas a la institución sobre la temática, por ejemplo, profesores y familiares. El 50% de los estudiantes indicaron que entre todos se acordó cuál era la información más relevante. El 70% de los estudiantes estuvo de acuerdo en que la clasificación de la información hallada la hicieron en equipo, seleccionando la información más relevante y consecuente. El 100% manifestaron que la wiki ayuda a la consolidación de la información encontrada y seleccionada.

A partir de las respuestas de los estudiantes y la observación realizada por el investigador, puede decirse que los estudiantes acudieron con frecuencia a Internet, subieron la información a la wiki, que fue de gran ayuda y entre todos seleccionaron la información más relevante y consecuente. Una estudiante expresó: “Se buscó información que nos sirviera para llevar a cabo nuestro trabajo, después cada uno socializó lo que había consultado y entre todos seleccionamos la que estuviera mejor”. Es evidente que la web 2.0 tiene un papel importante, pero por encima de esto el trabajo colaborativo contribuye a solucionar problemas de la vida cotidiana, tal como lo afirma Solano (2012) cuando dice que “la Wiki, como entorno de interacción y construcción colaborativa, permite evidenciar el trabajo en grupo y aprendizaje colaborativo, que son prácticas de la vida cotidiana” (p. 21). Igualmente, Gutiérrez-Rodríguez (2018) plantea que la escuela debe aportar la formación de competencias en la resolución de problemas.

Durante la fase de búsqueda de información, los estudiantes usaron varias fuentes de información como es el caso de entrevista a profesores, estudiantes, personas externas al colegio e Internet, en todos los casos haciendo búsquedas en Google, leyendo tutoriales y videos de YouTube. En el caso SRRAT, los estudiantes hicieron llamadas a empresas de las ciudades de Medellín y Bogotá para indagar sobre la posibilidad de recolección de desechos tecnológicos o reciclaje de los mismos. En el caso de la página web institucional, los estudiantes indagaron con profesores, la secretaría, coordinación y rectoría del colegio en busca de la información que debía contener la página web, también se hizo una búsqueda en Internet de las mejores plataformas que había en el momento para crear la página. En el caso de la aplicación móvil ABCrea fue de gran importancia entrevistar a las profesoras que en ese tiempo daban clase en los grados de primaria para identificar los requisitos y las necesidades que ellas percibían en sus estudiantes, igualmente los estudiantes recurrieron al uso de tutoriales y videos explicativos para construir el código de la aplicación.

Propone hipótesis de solución

En la entrevista semiestructurada se plantearon cuatro preguntas sobre la proposición de hipótesis de solución: ¿Cuál fue el procedimiento que utilizaste para determinar una hipótesis de solución a las situaciones problemas con tecnología? ¿Las hipótesis que aportaste fueron acogidas por el grupo o no? ¿Crees que las hipótesis aportadas por tus compañeros son valiosas? ¿Cómo llegaron a acuerdos en la hipótesis final? Las respuestas permitieron identificar que el 40% de los estudiantes indicaron que para determinar la hipótesis tuvieron en cuenta las necesidades del colegio. El 30% indicó que tuvieron en cuenta las opiniones y sugerencias de los docentes. El 100% de los estudiantes estuvieron de acuerdo en que las hipótesis planteadas por sus compañeros eran valiosas, se tenían en cuenta sus opiniones y entre todos crearon una hipótesis más coherente. El 100% coincidieron en que llegaron a acuerdos a través de la exposición de sus ideas y, finalmente, construyeron la hipótesis por decisión de grupo.

A partir de las respuestas de la entrevista semiestructurada y los registros del diario de campo relacionadas con proponer hipótesis de solución, puede decirse que los estudiantes manifestaron que las hipótesis planteadas por ellos eran valiosas y respetadas por los compañeros del grupo, pero que finalmente elegían entre todos, una hipótesis grupal que respondiera a las condiciones del

entorno donde se pretendía aplicar. Esto concuerda con Calzadilla (2002), quien asegura que

en el aprendizaje colaborativo... cada uno comprende la necesidad de aportar lo mejor de sí al grupo para lograr un resultado sinérgico, al que ninguno accedería por sus propios medios; se logra así una relación de interdependencia que favorece los procesos individuales de crecimiento y desarrollo, las relaciones interpersonales y la productividad (p. 4).

Una estudiante expresó que “todo el grupo dio argumentos de lo que habíamos visto del problema y cada uno dio soluciones... muchas de ellas coincidían... por esa razón no hubo tanto problema para tener acuerdos en la hipótesis final”.

Para la fase de formulación de hipótesis, los estudiantes por equipos de trabajo colaborativo proponían una posible hipótesis de solución a cada caso, la exponían, la argumentaban y discutían, finalmente la hipótesis mejor argumentada o con mayor número de votos, era la que elegían para continuar el proceso de resolución de problemas. En el caso SRRAT, los estudiantes acordaron recuperar aquellos computadores antiguos, instalándole un sistema operativo Linux liviano y ponerlo al servicio de la biblioteca para que los estudiantes hagan consultas. También se hicieron contactos con empresas recicladoras para que se acercaran al colegio a recoger aquellos equipos que no podían ser recuperados en el colegio. En el caso de la página web institucional, se acordó usar la plataforma Webnode, porque no mostraba publicidad en las páginas, tenía múltiples plantillas y podían usarla por periodos largos de tiempo. En el caso de la aplicación móvil ABCrea, los estudiantes decidieron que trabajarían App Inventor porque los estudiantes la habían usado anteriormente en el programa InnoLab de la Gobernación de Antioquia y, por tanto, se sentían familiarizados con esta herramienta.

Ejecución de hipótesis

La ejecución de la hipótesis, de acuerdo con el concepto de los estudiantes involucrados en este proyecto, fue la fase más difícil. Organizados por equipos de trabajo colaborativo y de acuerdo con sus roles, los estudiantes llevaban a cabo aquello que había acordado en la fase anterior, repartían el trabajo de acuerdo con las habilidades de cada uno, así por ejemplo los estudiantes más hábiles para dibujar se encargaban de los diseños, quienes eran buenos en la redacción escribían en la wiki y los que mejor

programaban se dedicaban a la codificación en la página web o en la aplicación móvil. Es importante anotar que se debía elegir con mucho cuidado una hipótesis coherente para no tener que devolverse de esta etapa a la primera y tener que volver a empezar todo desde el principio, pero que no deja de ser un tiempo de aprendizaje para el estudiante, porque el ensayo error también es un método para resolver problemas; al respecto, Travieso-Valdés y Ortiz-Cárdenas (2018) plantean que el error se convierte en la base del aprendizaje.

Evalúa la solución presentada

Las preguntas que se plantearon a los estudiantes fueron: ¿Cuáles fueron los criterios que determinaron para decidir que la solución al problema con uso de tecnología podría ser efectiva? ¿Cuáles dificultades se presentaron durante el proceso de solución de problemas con tecnología? ¿De las etapas para solucionar problemas, consideras que algunas son más difíciles que otras? El 40% de los estudiantes consideraron que el reconocimiento de la población donde se aplicaría la resolución era un indicador para determinar la solución adecuada. Además, el 20% consideró la importancia de las fuentes de consulta y los mecanismos de solución. El 40% de los estudiantes respondió que la ejecución es la más difícil, porque ahí es donde surgen los problemas; el 20% dijo que la etapa más compleja fue la formulación de la hipótesis.

Para la evaluación de la propuesta de la solución del problema, los estudiantes determinaron cuatro criterios iniciales: que la información fuera verídica, que se hubiera respetado los pasos para hallar la solución, los acuerdos de grupo y población beneficiaria. Lo que demuestra cómo los estudiantes aplicaron estrategias colaborativas para evaluar los aciertos o desaciertos al momento de implementar una solución, y que esta respondiera a la realidad institucional. Lo anterior concuerda con la afirmación de Escudero (2009) sobre las estrategias de problematización y acuerdos del grupo de trabajo, lo que aporta al desarrollo cognitivo para la resolución de problemas apoyados por las TIC.

A la hora de evaluar la solución presentada, los estudiantes se refirieron a la aplicación móvil y manifestaron que se inclinan por aquellas soluciones que fueran más atractivas para los niños, aunque esto les generó dificultades en la programación y reconocieron que faltó comunicación y compromiso por parte de ellos mismos. Además, la mayoría concluyó que de todas las etapas para solucionar

problemas la más difícil fue la ejecución de la hipótesis. Los estudiantes cuando evalúan la solución demostraron que para ellos fue importante la apariencia visual y reconocieron que lo actitudinal tiene un papel importante a la hora de solucionar problemas.

Para la evaluación de la solución, el profesor investigador elaboró un instrumento para cada uno de los casos o problemas que requerían una solución. En el caso SRRAT, el profesor aplicó un protocolo escrito de verbalización retrospectiva como sugiere García (1988), en el que los estudiantes manifiestan las experiencias vividas en el proceso de resolución del problema con tecnología en forma colaborativa y apoyados por una wiki. En el caso de la página web institucional, se aplicó una coevaluación y tenía como objetivo analizar del proceso de solución que se llevó a cabo (página web), con el fin de que se retroalimenten y se tengan en cuenta la metodología para futuras soluciones a problemas y de ser posible se verifique si puede obtenerse el mismo resultado de otra manera. En el caso de la aplicación móvil ABCrea, se aplicó una matriz de valoración del programa o aplicación (Vaca, Agudo & Sánchez, 2014) en la que estudiantes del grado 10 y profesores del área de tecnología e informática calificaron la aplicación, después de observar detenidamente el funcionamiento de la misma.

Trabajo colaborativo

Las preguntas planteadas sobre el trabajo colaborativo fueron: ¿Qué crees que se debe hacer para que el trabajo colaborativo sea más efectivo? ¿Qué crees que es mejor trabajar de manera colaborativa o individual? ¿Crees que vale la pena trabajar en equipo usando una wiki? ¿Es fácil o difícil trabajar en grupo usando una wiki? El 60% de los estudiantes respondieron que para trabajar en equipo se requiere compromiso, responsabilidad por parte de los estudiantes y establecer tiempos. El 60% dijo que es mejor trabajar colaborativamente porque todos aportan. El 50% respondió que la wiki es una buena herramienta para trabajar en equipo a distancia y presencial.

Revisando las respuestas de los estudiantes, asociadas al trabajo colaborativo y los registros del diario de campo, puede decirse que los estudiantes manifestaron que es mejor trabajar colaborativamente con la ayuda de una wiki siempre y cuando haya dedicación, compromiso y responsabilidad de los integrantes del equipo de trabajo. Ellos expresaron que para ellos es importante lo actitudinal, lo técnico y el aporte grupal. Al respecto, Solano

(2012) sostiene que la wiki es un “espacio de interacción y colaboración entre los estudiantes para compartir conocimiento, y para ayudarse en la realización de tareas” (p. 228). Igualmente, Calle (2013) afirma que para que haya trabajo colaborativo es necesaria la confianza y corresponsabilidad entre sus integrantes.

Con relación al trabajo colaborativo, puede inferirse que se sintieron motivados trabajando en equipo porque se respetaban las opiniones de todos, aprendían de sus compañeros y sintieron que sus propuestas eran valiosas, manifestaron el orgullo que sentían con el producto final. Al respecto, un estudiante expresó:

Al principio no tenía clara ciertas cosas, por lo tanto, no aportaba, pero después me focalicé en el tema y aporté positivamente. Con relación al trabajo colaborativo, fue muy enriquecedor trabajar con mis compañeros, escucharlos, compartir y hasta reír con ellos, todo fue muy agradable y para mí, nosotros hicimos el mejor trabajo.

Esto coincide con Maldonado (2008), quien afirma que uno de los beneficios del aprendizaje basado en problemas es que aumenta la autoestima, ya que “los estudiantes se enorgullecen de lograr algo que tenga valor fuera del aula de clase” (p. 163).

Para esta investigación se usó una wiki de Google Site por la facilidad de integrar archivos de Google Drive y efectivamente se logró sincronizar estas herramientas para que el trabajo de los estudiantes fuera más efectivo, de tal manera que los ajustes que hacían ellos en un documento u hoja de cálculo, inmediatamente tenían efectos en el documento que se exponía en la wiki. Los estudiantes compartían los documentos, hojas de cálculo o presentaciones y desde cualquier lugar geográfico aportaban a la creación de ese archivo e inmediatamente se observaba en la wiki. Esto facilitó el trabajo colaborativo en la resolución de problemas para aquellos estudiantes que tenían Internet en sus hogares, pero también es bueno decir que otros que no contaban con tal suerte, no interactuaron de la misma manera y solo lo hacían cuando estaban en el colegio y tenían acceso a un computador con Internet.

■ Discusión

La resolución de problemas con tecnología, en ocasiones no es abordada por los profesores porque requiere preparación y cambiar el rol para dejar de ser el protagonista

y convertirse en un facilitador y copartícipe con los estudiantes. Para llevar a cabo la resolución de problemas, en esta investigación se hizo una mezcla de las técnicas usadas por Bransford y Stein (1986) y Polya (1989) que pueden resumirse en identificación del problema, búsqueda y selección de información, formulación de hipótesis tendientes a la solución, ejecución de la hipótesis y evaluación de la solución. Al comienzo de la resolución de problemas se pudo evidenciar que a los estudiantes les cuesta trabajar en forma colaborativa, pero con el paso del tiempo descubrieron que el aporte de los compañeros los enriquecía a todos, que las habilidades de unos fueron aprovechadas por todo el equipo, entonces mostraron respeto por las ideas de cada uno, dividieron el trabajo, hubo compromiso, dedicación, debates con argumentos y finalmente acuerdos para solucionar el problema planteado. La wiki ayudó como sitio de encuentro, discusión y repositorio de ideas, archivos, imágenes y videos a los que todos podían acceder desde un dispositivo con acceso a Internet.

Se observó que los estudiantes involucrados en este proyecto, en la etapa de identificación del problema, ya estaban haciendo hipótesis y querían pasar de una vez a la etapa de ejecución; en la etapa de selección de información, descubrían que estaban equivocados o corroboraban que iban por el sendero correcto en busca de la solución, pero siempre estuvieron de acuerdo en que la etapa con mayor grado de facultad fue la etapa de ejecución de la hipótesis seleccionada para resolver el problema, porque en ocasiones les obligaba a devolverse y empezar de nuevo el proceso. Con relación al trabajo colaborativo, los estudiantes asignaron roles de acuerdo con las habilidades especiales que los estudiantes tenían y para tomar decisiones exponían sus puntos de vista y finalmente llegaban a acuerdos para encontrar la solución al problema planteado, en concordancia con lo expuesto por Gutiérrez, Yuste, Delgado y Fustes (2011). La wiki contribuyó a la participación, puesta en común, discusión y repositorio de información de todos y cada uno de los estudiantes en cada una de las etapas para solucionar problemas. A juicio de Solano (2012), la participación de los estudiantes “evidencia la utilidad de la Wiki como espacio de interacción y colaboración entre los estudiantes para compartir conocimiento, y para ayudarse en la realización de tareas” (p. 228).

El liderazgo fue ejercido por varios estudiantes en los distintos casos planteados en esta investigación. En el primer

caso llamado “desechos tecnológicos” (SRRAT), el liderazgo no fue muy marcado, al parecer por la falta de confianza en sí mismos para trabajar colaborativamente en la solución de problemas con tecnología; pero en el segundo caso llamado “web institucional”, un estudiante marcó la pauta para dirigir a sus compañeros y redactar los acuerdos a que llegaba el equipo en cada una de las etapas tendientes a la solución; en el tercer caso llamado “aplicación móvil” (ABCrea), otro estudiante se puso al mando y organizó los equipos para trabajar en cada uno de los módulos que componían la aplicación y lideró el equipo para hacer el ensamble y los ajustes necesarios para que la aplicación estuviera lista para ponerla al servicio de la comunidad educativa. Este resultado tiene concordancia con lo expuesto por Gutiérrez et al. (2011), cuando dicen que una de las características imprescindibles del trabajo colaborativo es el “liderazgo compartido por todos los miembros del equipo” (p. 184).

Moreno-Martínez et al. (2018) afirman que el uso didáctico de las tecnologías favorece la resolución de problemas de manera colaborativa. Los estudiantes expresaron su gusto por el trabajo colaborativo y consideraron que el aporte de todos fue muy enriquecedor para crecer como equipo, se sintieron más responsables para llevar a feliz término la actividad emprendida; además, la participación por medio de la wiki aportó a la consolidación del grupo y seguimiento a las etapas en la resolución del problema. Durante las actividades que se desarrollaron en el salón de clase con los estudiantes del grado once, pertenecientes a la media técnica en informática, se resaltan los siguientes aspectos: intercambio de ideas a través de exposiciones para llegar a concertaciones que enriquecían el conocimiento del grupo; la responsabilidad con la tarea asignada a cada uno de los miembros favoreció el desarrollo cognoscitivo del equipo de trabajo colaborativo; con el trabajo hecho por los integrantes de cada equipo se pudo evidenciar que los estudiantes se enseñaban unos a otros, se aceptaban las diferencias y se respetaban las opiniones; los estudiantes con habilidades especiales aportaban en aquello que mejor sabían hacer para contribuir a la calidad del trabajo realizado solucionando problemas.

La wiki les ayudó a recopilar la información, les permitió tener un espacio dónde expresar sus ideas e inquietudes, dónde montar las fotografías de lo que iban desarrollando y trabajar desde sus casas, aunque algunos estudiantes se quejaban porque vivían en el campo y no tenían acceso

a Internet, entonces su trabajo se reducía a lo que podían hacer en los encuentros de clase. Por otra parte, los proyectos realizados por el equipo cumplían con satisfacción las necesidades que inicialmente se habían planteado y fueron reconocidos por sus pares y profesores en la institución educativa, de tal manera que se siguen utilizando como es el caso de la página web y la aplicación móvil. Esto como asegura Maldonado (2008), “es una estrategia didáctica que proporciona oportunidades a los estudiantes para persistir en el logro de sus propios intereses y los anima para tomar decisiones sobre cómo encontrar respuestas y solucionar problemas” (p. 176). En los estudiantes se evidenció motivación, entusiasmo y orgullo cuando expresaban satisfacción por los logros que iban obteniendo en el desarrollo de este proyecto. Según Gutiérrez-Rodríguez (2018), el uso de tecnologías para la resolución de problemas resulta motivante para los estudiantes.

La web 2.0 fue valiosa en el proceso de resolución de problemas con tecnología, más específicamente la wiki y los archivos de Google Drive que ayudaron a que se resolvieran problemas en un entorno de trabajo colaborativo permitiendo la construcción, discusión y sinergia de equipo. Solano (2012) afirma que la wiki ayuda recopilar y compartir información, les permite tener un espacio dónde expresar sus ideas e inquietudes y trabajar desde otros espacios diferentes al ambiente escolar. Los archivos de Google Drive se compartían entre los integrantes del grupo para que cada uno pudiera editarlos desde el lugar que prefiriera y seguidamente se montaban en la wiki, lo que facilitaba que todos tuvieran acceso a la misma información en todo momento gracias a la sincronización entre estas herramientas.

Díaz (2008) sostiene que las herramientas web 2.0 son “elementos que permitirían innovar la educación sustentada en las TIC a fin de promover el aprendizaje complejo, la construcción significativa del conocimiento y la educación para la vida” (p. 13). Estas herramientas sirvieron de mediadores en la interacción de los estudiantes con sus compañeros y profesores, en la construcción de conocimiento conjunto, pero como los mismos estudiantes lo manifestaron, siempre y cuando haya dedicación, compromiso y responsabilidad en el desempeño de los roles que se asumen. Es de anotar que una de las dificultades que se presenta en el uso de las herramientas web 2.0, es la poca conectividad que hay en pueblos y veredas, lo que hace

que los estudiantes no participaran con la misma regularidad y su trabajo se viera limitado a lo que realizaron en los encuentros o clases en el colegio.

■ Conclusiones

Herramientas digitales como la wiki permiten la interacción de los participantes tanto en forma sincrónica como asincrónica, facilitan la creación, edición y reescritura de contenidos, de acuerdo con las necesidades y decisiones que puedan surgir en el equipo de trabajo. Siempre es bien acogida en esta herramienta, la posibilidad de revisar el historial y verificar algún contenido que por error o descuido se había perdido. Las wikis son una opción para desarrollar las competencias de trabajo colaborativo, siempre y cuando se asignen roles que los estudiantes asimilen para producir esas sinergias de equipo. Las wikis pueden alentar a los estudiantes a copiar información que no es de su autoría y es ahí donde el docente interviene para motivar a los estudiantes a respetar los derechos de autor y dar los créditos al autor intelectual.

El desarrollo de esta investigación mostró que la resolución de problemas con tecnología en un ambiente de aprendizaje colaborativo wiki con estudiantes de educación media promovió en ellos la motivación hacia la consulta y construcción de conocimientos. Acorde con esto, los estudiantes manifestaron sentirse comprometidos y expresaron satisfacción y orgullo con el trabajo realizado. Además, cuando se aplicaron las etapas: identificación del problema, búsqueda y selección de información, formulación de hipótesis tendientes a la solución, ejecución de la hipótesis y evaluación de la solución, los estudiantes tuvieron mayores posibilidades de encontrar una solución que responda a la problemática inicial.

Las tareas de aprendizaje enfocadas a la resolución de problemas con tecnología, pueden consultarse con los estudiantes, con el fin de que sean de su interés o necesidad en el contexto en que se llevan a cabo. Cuando los estudiantes perciben que los problemas que van a resolver son cercanos a ellos y tienen que ver con su comunidad o su entorno es posible que hagan un esfuerzo mayor por resolverlos. Además, la estrategia de resolución de problemas con tecnología es un proceso cognitivo, didáctico y social vigente, por sus grandes posibilidades de aplicación a lo largo de la vida, en situaciones cotidianas.

Al iniciar el proceso de resolución de problemas con tecnología, se pudo evidenciar que a los estudiantes les cuesta trabajar en forma colaborativa, posiblemente por las estrategias pedagógicas que se llevan a cabo en la escuela que favorecen el trabajo individual y se desconocen las bondades del trabajo colaborativo, en el que los miembros de un equipo se complementan, comparten conocimiento, aportan ideas, discuten y llegan a acuerdos, que son habilidades importantes para la vida diaria y el trabajo futuro.

Durante la ejecución de la etapa “identificación del problema”, los estudiantes se atrevían a lanzar hipótesis y querían pasar de una vez a la ejecución de la hipótesis. Sin embargo, con la etapa de “búsqueda y selección de información” descubrían que algunas de sus apresuradas hipótesis no eran tan acertadas o no resolvían el problema planteado inicialmente. En la segunda etapa llamada “búsqueda y selección de información”, los equipos de trabajo colaborativo consultaron qué hacer con cada uno de los casos, lo que les confirmaba las ideas iniciales que habían planteado como solución o descubrían que estaban equivocados y con argumentos discutían sobre la información más congruente para dicho caso. En ocasiones se presentaban discusiones con algún estudiante, sobre la forma de resolver el problema, pero con los argumentos dados por sus compañeros, que se hacían con exposiciones y gráficas en algunos casos, se despejaban las dudas y llegaban a acuerdos grupales que luego redactaban y publicaban en la wiki.

En la tercera etapa llamada “formulación de hipótesis” tendientes a la solución, los estudiantes proponían teorías respecto a la solución, que se les facilitó con la etapa de “búsqueda y selección de información”, algunas inviables en el contexto educativo, como fue el transporte de los desechos tecnológicos a otras ciudades donde le dieran un tratamiento adecuado, por falta de presupuesto; y otras factibles como las que se entregaron como producto final en cada uno de los casos, a la Institución Educativa San José del Citará del municipio de Ciudad Bolívar en Antioquia. La etapa de “ejecución de la hipótesis” fue considerada por todos los estudiantes como la etapa más difícil y la que más tiempo requería para llevarla a cabo y consideraron que fue muy importante la responsabilidad, el compromiso y la dedicación que le pusieron a la resolución de los problemas planteados.

Durante el desarrollo de esta investigación, se presentaron algunas dificultades que hicieron que el proceso fuera más lento de lo que inicialmente se había previsto. En el primer semestre de 2017, la institución no contó con el servicio de Internet, lo que dificultó el trabajo en general, sobre todo porque los estudiantes necesitaban el servicio para consultar y hacer sus aportes en la wiki. En el caso SRRAT, se hizo necesario conseguir permisos de las entidades territoriales para darles de baja a los equipos obsoletos que estaban inventariados a nombre del colegio y que reposaban en los libros del almacén de la alcaldía municipal de Ciudad Bolívar. En el caso de la página web institucional fue necesario que toda la comunidad educativa se comprometiera para alimentar la página con contenido actual que fuera de interés general, al igual que conformaran un equipo de trabajo, con estudiantes de distintos grados, para que apoyaran esta labor.

Al terminar este trabajo de investigación se identificaron algunas rutas de trabajo que se podrían tener en cuenta en próximas investigaciones, tales como: (a) hacer estudios que permitan analizar la incidencia de los archivos de Google Drive como espacio para desarrollar trabajo colaborativo resolviendo problemas en cualquier área de conocimiento, con estudiantes de primaria, secundaria, media y educación superior; (b) cómo puede aprovecharse el correo electrónico, o mensajes sms (servicio de mensajes cortos) para resolver problemas, en un área específica, de forma colaborativa, en cualquiera de las etapas escolares y (c) llevar a cabo estudios que determinen la incidencia de las redes sociales, entre ellas, WhatsApp a la hora de desarrollar trabajo colaborativo para resolver problemas de interés general.

■ Referencias

Bauselas, E. (2004). La docencia a través de la investigación-acción. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35(1), 1-9.

Bransford, J., & Stein, B. (1986). *Solución IDEAL de problemas*. Barcelona: Labor.

Cabero, J. (2015). Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Tecnología, Ciencia y Educación*, 1, 19-27.

Calle-Álvarez, G. Y. (2013). Lineamientos teóricos y didácticos para la construcción de ambientes de aprendizaje apoyados por TIC que favorezcan habilidades del pensamiento crítico. Medellín: *Memorias XIV Encuentro Internacional Virtual*

Educa. Recuperado de <http://www.virtualeduca.info/fv-educa/es/tematica-2013/94-la-escuela-de-la-era-digital/721-lineamientos-teoricos-y-didacticos-para-la-construccion-de-ambientes-de-aprendizaje-apoyados-por-tic-que-fortalezcan-las-habilidades-del-pensamiento-critico>.

Calzadilla, M. (2002). Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Iberoamericana de Educación*, 29(1), 1-10.

Coronel, M., & Curoto, M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 463-479.

Díaz-Barriga, F. (2008). Educación y nuevas tecnologías de la información: ¿hacia un paradigma educativo innovador? *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, (30), 1-15.

Echazarreta, C., Prados, F., Poch, J., & Soler, J. (2009). La competencia "El trabajo colaborativo": una oportunidad para incorporar las TIC en la didáctica universitaria. Descripción de la experiencia con la plataforma ACME (UdG). *UOC Papers: Revista sobre la Sociedad del Conocimiento*, (8), 3.

Escudero, C. (2009). Una mirada alternativa acerca del residuo cognitivo cuando se introducen nuevas tecnologías. El caso de la resolución de problemas en ciencias. *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 10(1), 272-292.

Evans, E. (2010). *Orientaciones metodológicas para la investigación-acción*. Ministerio de Educación del Perú. Lima-Perú.

García, A. (1988). Evaluación de estrategias de resolución de problemas. *Revista de Educación*, (287), 275-286.

Gutiérrez, P., Yuste, R., Delgado, S., & Fustes, M. (2011). Buenas prácticas en el desarrollo de trabajo colaborativo en materias TIC aplicadas a la educación. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 15(1), 179-194.

Gutiérrez-Rodríguez, C. A. (2018). Fortalecimiento de las competencias de interpretación y solución de problemas mediante un entorno virtual de aprendizaje. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(2), 279-293. <http://dx.doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7170>

Maldonado, M. (2008). Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. *Laurus*, 14(28), 158-180.

Marchesi, A., & Díaz, T. (2009). Desafíos de las TIC. El cambio educativo en Iberoamérica. *Telos: Cuadernos de Comunicación e Innovación*, (78), 111-114.

McKernan, J. (1999). *Investigación-acción y currículum: métodos y recursos para profesionales reflexivos*. Ediciones Morata.

- Ministerio de Educación Nacional. (2008). *Orientaciones generales para la educación en tecnología. Ser competente en tecnología: ¿una necesidad para el desarrollo!*
- Morales, P., & Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13(1), 145-157..
- Moreno-Martínez, N. M., López-Meneses, E., & Leiva-Olivencia, J. J. (2018). El uso de las tecnologías emergentes como recursos didácticos en ámbitos educativos. *International Studies on Law and Education*, 29(30), 131-146.
- Navarro, S. (2006). La resolución de problemas planteada como un proceso de investigación hacia la enseñanza de la física. *Prospectiva*, 4(2), 60-65.
- OCDE. (2017). *Resultados PISA 2015 (vol.V): resolución colaborativa de problemas, PISA*. Publicaciones de la OCDE, París. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264285521-en>
- Peralta, J. (2018). Técnicas para la enseñanza de resolución de problemas. *Revista Electrónica en Ciencias Sociales y Humanidades Apoyadas por Tecnologías*, 7(1), 26-32.
- Poblete, M., & Villa, A. (2007). *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de competencias genéricas*. Bilbao: Mensajero.
- Polya, G. (1989). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trilla.
- Pozner, P., & Fernández, T. (2000). Resolución de problemas. En Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación. *Diez módulos destinados a los responsables de los procesos de transformación educativa*. Buenos Aires. Recuperado de http://poznerpilar.org/biblioteca/museo_feria/www.pgi.me.gov.ar/download/Mod07.pdf.
- Pozo, J., & Postigo, Y. (1994). La solución de problemas como contenido procedimental de la educación obligatoria. En J. Pozo, M. Pérez, J. Domínguez, M. Gómez y Y. Postigo. *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Revelo-Sánchez, O., Collazos-Ordóñez, C., & Jiménez-Toledo, J. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *TecnoLógicas*, 21(41), 115-134.
- Rodríguez, D., & Valldeoriola, J. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio.
- Serrano, J., Cristancho, R., & Soler, M. (2016). Estudio de estructuras artificiales: actividad tecnológica escolar por resolución de problemas y alineamiento constructivo. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*, 18, 60-70.
- Solano, M. (2012). *Resolución de problemas de combinatoria en una wiki (tesis de maestría)*. Medellín: Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Recuperado de <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/169/1/JH0769.pdf>.
- Tejedor-Tejedor, F. J. (2018). Investigación educativa: la utilidad como criterio social de calidad. *Revista de Investigación Educativa*, 36(2), 315-330. <http://dx.doi.org/10.6018/rie.36.2.326311>
- Torrecilla, F. (2011). *Métodos de investigación en educación especial*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Travieso-Valdés, D., & Ortiz-Cárdenas, T. (2018). Aprendizaje basado en problemas y enseñanza por proyectos: alternativas diferentes para enseñar. *Revista Cubana de Educación Superior*, 37(1), 124-133.
- Vaca, J., Agudo, J., & Sánchez, H. (2014). Evaluación de prácticas de programación mediante rúbricas en Moodle. *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*. Oviedo. Recuperado de http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/15458/PI07va_eval.pdf.

II. Estudios de Caso

Estudio de caso

Análisis espacial y temporal del hurto de celulares, Pereira, Risaralda, año 2018

Spatial and temporal analysis of cell phone theft, Pereira, Risaralda, 2018

Análise espacial e temporal do roubo de celulares, Pereira, Risaralda, ano 2018

Carlos Augusto Meneses Escobar | Cesar Manuel Castillo Rodríguez | Alejandro Rodas Vásquez^{a,*}

^a <https://orcid.org/0000-0002-6258-5564>

Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-01-18
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-09-03
- **Fecha de aprobación:** 2019-10-01
<http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.810>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Meneses Escobar, C.A., Castillo Rodríguez C. M. & Rodas Vásquez, A. (2019). Análisis espacial y temporal del hurto de celulares, Pereira, Risaralda, año 2018. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 167-175. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.810>

RESUMEN

En el presente artículo se analizó el fenómeno del hurto a celulares en la ciudad de Pereira, desde las dimensiones temporal y espacial. Para realizar el estudio, se emplean técnicas de limpieza de datos, abordando cuatro fuentes de información con sus correspondientes conjuntos de datos. En el análisis temporal se identificaron los días de la semana y las jornadas (madrugada, mañana, tarde y noche) donde se presentaron mayor número de incidentes. A continuación, se realizó un análisis espacial identificando por medio del mapa de la ciudad, las comunas donde se presenta en mayor medida este delito (puntos calientes). Posteriormente, se crean dos zonas de intervención compuestas por las comunas identificadas y se analiza el impacto del delito, desde la perspectiva de los barrios afectados, seleccionando la zona conformada por las Comunas Universidad-Boston para dicho análisis. Finalmente, se hace una descripción de esta zona y las posibles causas que podrían contribuir a la presencia del hurto de celulares; este análisis permite inferir que la zona geográfica donde se reportó el hurto no necesariamente corresponde con el sitio exacto del delito, sino el lugar donde se encuentra la Estación de Policía del sector implicado en el acto.

Palabras clave: Vigilancia predictiva, análisis de datos, análisis del crimen, análisis espacio-tiempo



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: alejorodasvasquez@utp.edu.co

SUMMARY

In this article we analyzed the phenomenon of cell phone theft in the city of Pereira, from temporal and spatial dimensions. Data cleaning techniques were used to conduct the study, addressing four sources of information with their corresponding data sets. The temporal analysis identified the days of the week and the time of day (early morning, morning, afternoon and night) when the greatest number of incidents occurred. Next, a spatial analysis was carried out, using a map of the city to identify the communes where this crime occurs to a greater extent (hot spots). Subsequently, two intervention zones composed of the identified communes (Universidad-Boston) were created and the impact of the crime was analyzed from the perspective of these affected neighborhoods. Finally, a description of the area is provided together with the possible causes that could contribute to the presence of cell phone theft. This analysis suggests that the geographic area where the theft was reported does not necessarily correspond to the exact location of the crime, but rather to the location of the Police Station of the sector where the crime was committed.

Keywords: Predictive policing, data analysis, crime analysis, space time analysis

SUMÁRIO

Este artigo analisou o fenômeno do roubo de celulares na cidade de Pereira, a partir das dimensões temporal e espacial. Para realizar o estudo, são utilizadas técnicas de limpeza de dados, abordando quatro fontes de informação com seus conjuntos de dados correspondentes. Na análise temporal, foram identificados os dias da semana e os dias (madrugada, manhã, tarde e noite), onde houve maior número de incidentes. Em seguida, foi realizada uma análise espacial identificando, através do mapa da cidade, os lugares onde ocorre esse crime (pontos críticos). Posteriormente, são criadas duas zonas de intervenção compostas pelos lugares identificados e analisa-se o impacto do crime, na perspectiva dos bairros afetados, selecionando-se a área formada pelas Comunas Universidad-Boston para a análise. Finalmente, é feita uma descrição dessa área e as possíveis causas que podem contribuir para a presença de roubo de celulares; esta análise permite inferir que a área geográfica onde o roubo foi denunciado não corresponde necessariamente ao local exato do crime, mas sim ao local onde está localizada a Delegacia do setor envolvido no ato.

Palavras-chave: Vigilância preditiva, análise de dados, análise de crimes, Análise espaço-temporal

Uno de los principales retos en la nueva dinámica social de Colombia, es el fortalecimiento de la seguridad ciudadana tanto en el sector urbano como rural. Tal y como plantea la Policía Nacional de Colombia en su Plan Estratégico Institucional ‘Comunidades Seguras y en Paz’ 2015-2018 (Policía Nacional de Colombia, 2015) “la atención a los fenómenos criminales y contravencionales que impactan las condiciones de seguridad y convivencia de la comunidad, exigen por parte de la Institución, la generación de estrategias focalizadas y precisas” de manera que los esfuerzos y recursos destinados a combatir el crimen sean administrados de manera efectiva.

Esto implica no solamente el aumento del pie de fuerza, sino “el fortalecimiento tecnológico, la capacidad de lucha contra el crimen y la gestión comunitaria” (Policía Nacional de Colombia, 2015). Esto según la visión estratégica que tiene la Institución proyectada para el año 2030.

Dicha visión concuerda con la proyección existente a nivel mundial en cuanto a la lucha contra el crimen y las diversas estrategias adoptadas.

Un ejemplo de ello es el Departamento de Policía de Santa Cruz (SCPD)¹ que utiliza la aplicación de software llamada PredPol² la cual emplea un algoritmo de aprendizaje automático (*Machine Learning*) utilizando variables como tipo de delito, ubicación y fecha / hora del mismo para calcular diversas predicciones que permitan prevenir futuros actos delictivos.

Igualmente, el Departamento de Policía de Richmond (RPD)³ (Bachner, 2013) “tiene una variedad de herramientas

1 <http://www.cityofsantacruz.com/government/city-departments/police>

2 <http://www.predpol.com/>

3 <https://www.ci.richmond.ca.us/82/Police-Department>

analíticas a su disposición. El Departamento depende en gran medida de la estación de trabajo llamada ATAC, un software que permite a los analistas usar el mapeo y reconocimiento de patrones para pronosticar actividad criminal.”

Es allí donde surge lo que ha sido denominado como vigilancia predictiva (*Predictive Policing*) donde se emplea la analítica de datos (*Data Analytics*), minería de datos (*Data Mining*) y aprendizaje de máquina (*Machine Learning*) para buscar e identificar series o patrones entre incidentes relacionados, de modo que se logre analizar y predecir el comportamiento del crimen en cada uno de los sectores de una ciudad. Esto permite el fortalecimiento de la ley mediante la focalización y optimización de recursos.

Aunque la vigilancia predictiva (Ferguson, 2017) no es un tema nuevo y ha sufrido una evolución, siempre el objetivo de las fuerzas del orden ha sido conocer y de alguna medida, predecir en donde ocurrirá un delito. El aumento y la proliferación de grandes volúmenes de datos y la implementación de técnicas de minería de datos (Agbozo, 2018), han permitido la creación de herramientas que permiten alcanzar dichos objetivos.

Tal y como se define en la vigilancia predictiva, en esencia, “consiste en tomar datos de fuentes dispares, analizarlos y luego utilizar los resultados para anticipar, prevenir y responder de manera más efectiva a futuros delitos” (Pearsall, 2010).

Así mismo, Libicki, Senty y Pollak (2005) definen la Vigilancia Predictiva como “la aplicación de técnicas analíticas, particularmente técnicas cuantitativas, para identificar probables objetivos para la intervención policial y prevenir el crimen o resolver crímenes del pasado haciendo predicciones estadísticas”.

Ahora, como plantean Sengupta, Kumar y Upadhyay (2014) cuando se pretende realizar un análisis del crimen es imperativo analizar estos datos desde dos dimensiones diferentes: espacial y temporal. La dimensión espacial implica observar las características de una región particular junto con sus vecinos. La dimensión temporal implica observar las características de una región en particular a lo largo del tiempo.

Es en este contexto, donde la presente investigación tiene lugar. Tal y como se mencionó anteriormente una de las prioridades de la Policía Nacional de Colombia, es la

incorporación de la tecnología para el aseguramiento de la seguridad ciudadana donde uno de los delitos de mayor impacto actualmente es el hurto a celulares, tal y como lo han reportado varios medios de comunicación (Dinero, 2017; El Tiempo, 2018; Semana, 2017).

Por otro lado, a nivel nacional se encontró el estudio presentado por Mejía, Ortega y Ortiz (2014) donde se hace una descripción del fenómeno de criminalidad en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, desde una perspectiva espacio-temporal. Asimismo, en Estrada y Gómez (2015) plantearon la creación de mapas estadísticos y analíticos empleando un Sistema de Información Geográfica para la identificación espacial de las zonas con mayor índice delictivo e identificación de cuadrantes de policía ubicados en la ciudad de Manizales.

No obstante, al realizar la búsqueda de algún estudio en la ciudad de Pereira, para el análisis del delito propiamente el hurto a celulares desde las dimensiones espacial y temporal, no se encontró alguno. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo realizar dicho análisis con el fin de describir el comportamiento en estas dos dimensiones.

■ Metodología

Descripción del Conjunto de Datos

Para realizar el estudio que comprende la presente investigación se emplearon cuatro fuentes de información con sus correspondientes conjuntos de datos (*data set*). La primera fue el conjunto de datos referentes al hurto de celulares en Colombia en el periodo 2017⁴ obtenida en la plataforma de Datos Abiertos del Gobierno de Colombia. La segunda fue el archivo de tipo *shapefile* que es necesario para dibujar el mapa de Pereira, con sus correspondientes Comunas para realizar el Análisis Espacial.

Para la tercera fuente de datos, se empleó el conjunto de datos conformado por los barrios de Pereira con sus correspondientes Comunas. Sin embargo, esta información fue necesaria construirla puesto que no se encontró disponible tanto en la plataforma de Datos Abiertos del Gobierno de Colombia, como en el sitio web de la Alcaldía de Pereira en el formato CSV requerido para su procesamiento. Por lo tanto, fue necesario consultar los

4 <https://www.datos.gov.co/Seguridad-y-Defensa/Hurto-de-celulares-2017/3i3d-mzwe>

informes de Diagnóstico Socioeconómico⁵ de cada una de la Comunas de la Ciudad y crear de esta manera el conjunto de datos necesitado de manera autónoma.

Por último, para lograr sectorizar a través del Análisis Espacial el hecho delictivo e identificándolo por barrio, la cuarta fuente de información consiste del archivo tipo *shapefile*⁶ que describe los barrios de la ciudad de Pereira.

Limpieza de Datos (Data Cleaning)

Una vez obtenidos estos conjuntos de datos se procede a realizar su limpieza. Tal y como menciona Prokscha (2006) la limpieza de datos “implica la detección, corrección, reemplazo, modificación o eliminación de registros incompletos, incorrectos, irrelevantes, corruptos o inexactos de un conjunto de registros, tablas o bases de datos.”

De esta forma, para poder realizar el análisis temporal de los hurtos es preciso transformar los datos que existen en el campo hora de formato AM/PM a 24 horas para posteriormente agruparlos en las jornadas que conforman un día (Tabla 1). En la Figura 1 se puede observar una muestra del registro del conjunto de datos original (campo hora) y su transformación pertinente (campo *time* y *hurto.inverval*).

Tabla 1. Intervalos del día para análisis del hurto a celulares.

Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
00:00 a 06:00	06:00 a 12:00	12:00 a 18:00	18:00 a 00

Fuente: Elaboración propia.

Hora	Municipio	Barrio	time	hurto.inverval
12/31/1899 06:00:00 AM	PEREIRA (CT)	LAURELES II	0.250000...	00-06
12/31/1899 08:00:00 PM	PEREIRA (CT)	PLAZA CIVICA...	0.833333...	18-00

Figura 1. Conjunto de datos transformado.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Temporal

Una de las características que presenta un acto delictivo consiste en que este no se produce al azar. Se ha encontrado (Libicki et al., 2005) que los delincuentes cometen sus crímenes en intervalos de tiempo separados pero predecibles, de manera que aumenten sus probabilidades de éxito.

De tal manera, al incorporar un análisis temporal se permite la detección de dichos patrones y su comportamiento

en el tiempo. Dentro del análisis realizado en esta investigación se utilizaron las variables básicas de hora y día.

¿Cuál es la jornada en el día donde más se hurtan celulares?

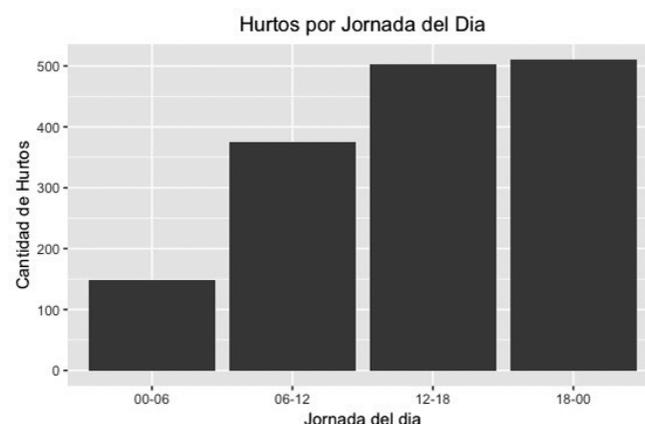


Figura 2. Hurto a celulares por jornada del día.

Tabla 2. Cantidad de hurtos a celulares por jornada del día.

00:00 a 06:00 Madrugada	06:00 a 12:00 Mañana	12:00 a 18:00 Tarde	18:00 a 00:00 Noche
149	375	502	511

Como se puede observar en la Figura 2 las jornadas donde se presentan mayor número de hurtos en la ciudad de Pereira comprenden las jornadas de tarde y noche. Ahora, es importante conocer los días de la semana donde mayor se presenta este delito.

¿Cuál es el día de la semana donde ocurren mayor número de hurtos de celulares?

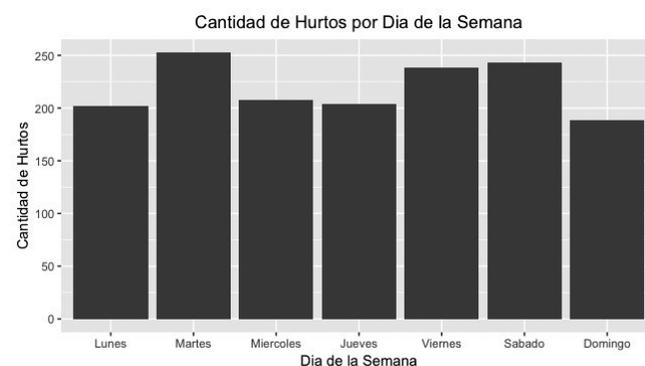


Figura 3. Hurto de celulares por Día de la Semana.

Tabla 3. Cantidad de hurtos a celulares por día de la semana.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
202	253	208	204	238	243	189

5 <http://www.pereira.gov.co/Busqueda/Paginas/Resultados.aspx?k=DIAGN%C3%93STICO&s=All%20Sites&u=http://www.pereira.gov.co/#k=COMUNA>

6 https://hub.arcgis.com/datasets/900f6ace1d54413d8056494b749e25bf_0/data

En las cifras encontradas en este análisis se muestra que el día donde mayor número de hurtos de celulares reportados fue el día martes, seguido del viernes y sábado. Dado este fenómeno se optó por emplear la técnica denominada mapa de calor la cual facilita observar los patrones arrojados por los hurtos en términos de temporalidad.

¿Cuáles son los días y su correspondiente jornada donde se incrementa el robo de celulares?

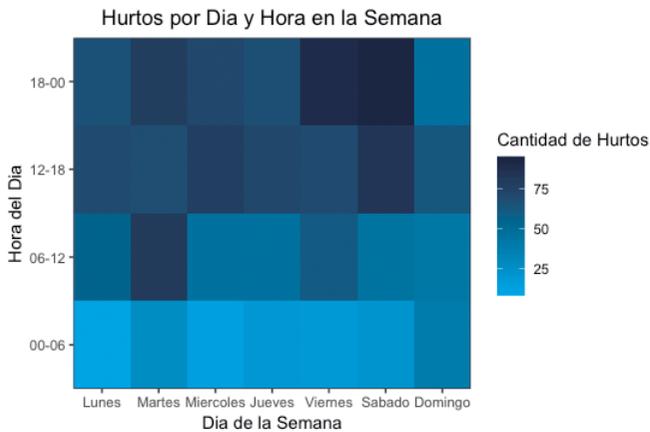


Figura 4. Hurto de celulares por día de la semana y hora del día (mapa de calor).

En la Figura 4 se muestra el análisis del hurto esta vez tomando el día de la semana y las jornadas que lo componen. En un mapa de calor se emplean variaciones en la tonalidad del color para mostrar la intensidad o progresividad del fenómeno estudiado. Como se puede observar, las jornadas de la tarde y noche son las que presentan mayor intensidad (es decir, mayor cantidad de robos tal y como se mencionó anteriormente).

Asimismo, el día martes entre 06:00 - 12:00, viernes entre 18:00 - 00:00, sábado entre 12:00 - 18:00 y 18:00 - 00:00 son días que presentan mayor presencia de este delito. Por tal motivo, la presente investigación se enfocará el comportamiento del hurto a celulares en los días viernes y sábado en las jornadas tarde y noche.

Empleando una serie de tiempo, se muestra en las Figuras 5 y 6 el comportamiento del hurto a celulares en los días y jornadas ya señaladas. Al observar el número de hurtos reportados, especialmente en la jornada de la noche se evidencia el aumento de este crimen el día sábado, tal y como se muestra en el mapa de calor de la Figura 4.

Asimismo, al utilizar una serie de tiempo permite detallar las franjas horarias donde se reportar mayor cantidad de

hurtos. El día viernes (Figura 5) en la jornada de la noche se encuentra que en el lapso entre las 18:00 y 21:00 horas son críticas. Por otro lado, el día sábado (Figura 6) en la misma jornada la franja crítica se extiende un poco más de las 21 horas.

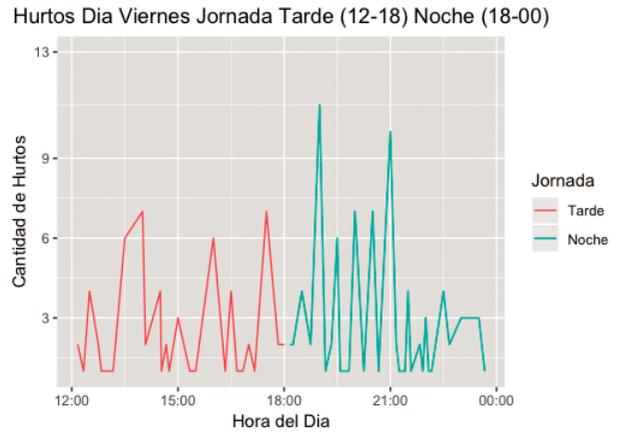


Figura 5. Hurto de celulares en las Jornadas de tarde y noche en el día viernes.

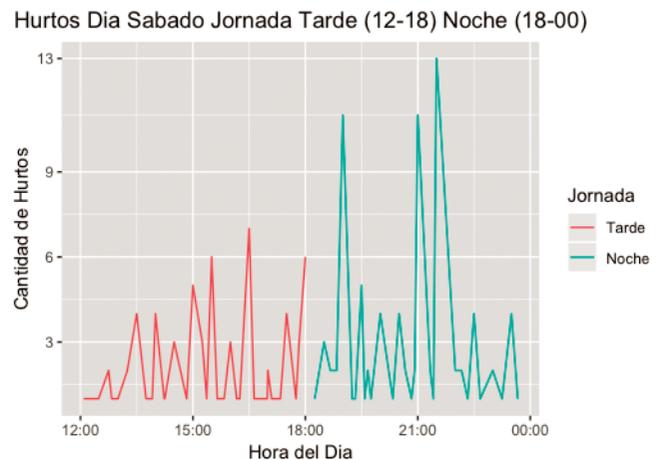


Figura 6. Hurto de celulares en la Jornada de la Noche en el día Viernes.

Análisis espacial

Una vez realizada la descripción temporal del comportamiento del delito es conveniente ubicar este mismo en un espacio físico. Una de las características que presenta un acto delictivo se encuentra en el área donde ocurre. La elección (Johnson, 2000) por parte del delincuente de los vecindarios, escuelas, tiendas y otros lugares corresponde con la familiaridad que este tiene de dichos sectores y las posibilidades de éxito al perpetrar el delito.

De tal manera, se encuentra el concepto denominado mapeo del crimen (*Crime Mapping*) el cual es empleado

para identificar aquellas zonas con mayor presencia en la ocurrencia de delitos. Estas zonas también son llamadas *hot spots*⁷, las cuales pueden ser utilizadas como posibles lugares de patrullaje apuntado a zonas problemáticas ayudando a reducir el crimen (Leigh, Dunnett, & Jackson, 2017). En esta sección se expone cómo el delito (en este caso el hurto a celulares) va desplazándose geográficamente dependiendo del contexto temporal estudiado.

Cabe aclarar que en la escala utilizada en todos los mapas de esta sección se empleó la denominación “No Reportado” para dar a conocer que, aunque existan Comunas con cero reportes de casos esto no significa que no hayan ocurrido, pues uno de los factores que imposibilitan la lucha contra el crimen es el bajo nivel de denuncia por parte del ciudadano.

Análisis espacial día viernes en las Jornadas de la tarde y noche



Figura 7. Comunas con incidentes de hurto el día viernes jornada tarde. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Comunas con incidentes de hurto el día viernes jornada noche.

Tabla 6. Número de hurtos de celulares por comuna día viernes jornada tarde.

Nombre de Comuna	Casos de Hurto
Boston, Río Otún	6
Centro	4
El Jardín, Oriente, Villavicencio	3
Consota, Cuba, El Oso, Poblado, Universidad, Villa Santana	1

Tabla 7. Número de hurtos de celulares por comuna día Viernes Jornada Noche.

Nombre de Comuna	Casos de Hurto
Centro	11
Universidad	8
Río Otún	6
Boston, El Jardín	4
Poblado, Villavicencio	3
Oriente, San Joaquín	2
Cuba, El Oso, Ferrocarril, Olímpica	1

En la Figura 8 (Tabla 7) se muestra que la Comuna Centro y Universidad sufren un impacto importante en la jornada de la noche del viernes. Donde la Comuna Universidad pasa de tener un solo caso de hurto en la mañana (Figura 7 y Tabla 6) a presentar ocho en las horas de la noche. Por otro lado, la Comuna Boston (la cual es contigua a la Comuna Universidad) pasa de seis casos en la Tarde a cuatro casos en la noche.

Análisis espacial día sábado en las jornadas de la tarde y noche



Figura 9. Comunas con incidentes de hurto el día Sábado Jornada Tarde.



Figura 10. Comunas con incidentes de hurto el día sábado jornada noche.

En las Figuras 9 y 10 se continúa observando que la Comuna Centro se presenta como un foco importante de este delito. Por otro lado, la Comuna Boston reporta casos en la jornada de la tarde. Sin embargo, en la jornada de

la noche presenta cinco casos, los mismos que la Comuna Universidad.

Tabla 8. Número de hurtos de celulares por comuna día Sábado Jornada Tarde.

Nombre de Comuna	Casos de Hurto
Centro	20
Universidad	4
Olimpica, Poblado, Villa Santana	3
Cuba	2
San Nicolas, Villavicencio	1

Tabla 9. Número de hurtos de celulares por comuna día Sábado Jornada Noche.

Nombre de Comuna	Casos de Hurto
Centro	12
Boston, Universidad	5
Olimpica	4
Cuba, Río Otún	3
El Jardin, Oriente, Poblado	2
El Oso, San Joaquín, Villa Santana, Villavicencio	1

Así pues, dentro del análisis realizado en las jornadas y días seleccionados se pudo detectar que las Comunas Centro, Río Otún, Boston y Universidad se encuentran en los primeros lugares en casos reportados. Ahora, tomando en cuenta este hallazgo se identificaron dos zonas de intervención. La primera conformada por las Comunas Río Otún y Centro; la segunda compuesta por las Comunas Universidad y Boston.

De esta manera, a continuación se mostrará la particularización de la zona conformada por las Comunas Universidad y Boston, continuando con las jornadas Tarde-Noche que se vienen trabajando.

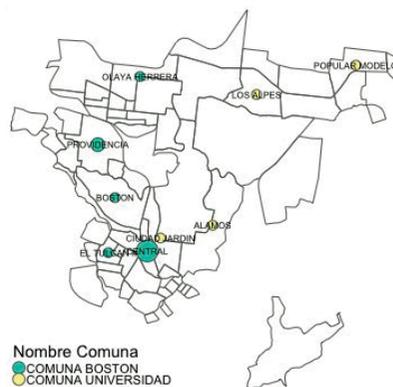


Figura 12. Mapa de barrios hurto de celulares día viernes jornada tarde-noche Comunas Universidad y Boston.

En la Figura 11, se observa que los casos reportados en la Comuna Universidad suceden pasadas las 18:00 horas y el sector conformado por los barrios Popular Modelo y Pinares se presenta como una zona de afectación. Del mismo modo, al referirse a la Figura 12 se observa que la zona conformada por los barrios El Tulcán II, Central (ambos pertenecientes a la Comuna Boston), Ciudad Jardín y Álamos (ambos pertenecientes a la Comuna Universidad) conforman una zona geográfica dada su proximidad e identificación de casos de hurto.

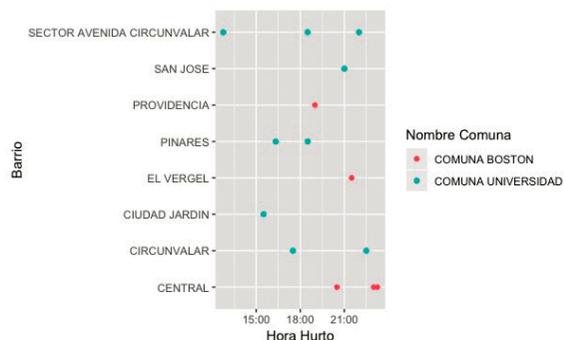


Figura 13. Barrios hurto de celulares por barrio día sábado jornada tarde-noche Comunas Universidad y Boston.

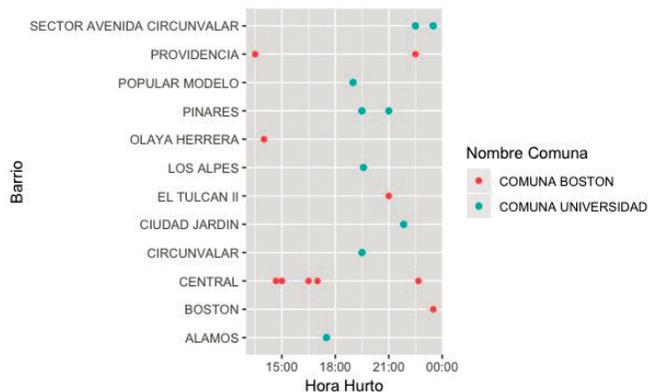


Figura 11. Hurto de celulares por barrio día viernes jornada tarde-noche Comunas Universidad y Boston.

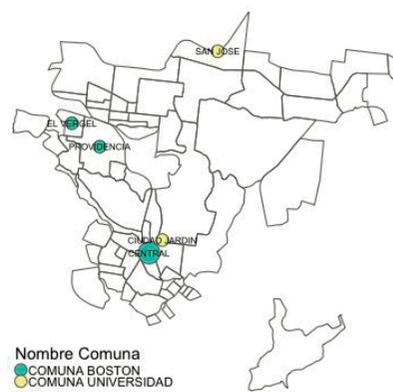


Figura 14. Mapa de Barrios Hurto de celulares día Viernes jornada Tarde-Noche Comunas Universidad y Boston.

En caso contrario a la Figura 11, en la Figura 13 se observa que los casos de hurto de celulares en la Comuna Universidad se presentan en las dos jornadas (tarde-noche). No obstante, es en la jornada de la noche en donde en la Comuna Boston sucede el acto delictivo. Asimismo, tal y como se detectó en la Figura 12, en la Figura 14 los barrios Ciudad Jardín y Central se muestran como una zona a intervenir.

■ Conclusiones

Uno de los principales hallazgos en esta investigación radica en que la zona geográfica donde se reportó el hurto no necesariamente corresponde con el sitio exacto del delito, sino el lugar donde se encuentra la Estación de Policía del sector implicado en el acto. Un ejemplo de ello son los casos reportados en la Comuna Centro donde las zonas identificadas como Sector Parque El Lago, Sector Plaza de Bolívar y Sector Parque La Libertad es donde se puede encontrar un CAI móvil de la Policía Nacional. Aunque esta división por zonas puede ayudar a crear un diagnóstico general (tal y como se realizó en la presente investigación) del comportamiento del delito objeto de estudio, es claro que se necesita obtener la información del lugar preciso (latitud y longitud) donde se realizó el hurto, ya que con ella se podrá desarrollar una vigilancia predictiva.

Por otro lado, al utilizar de manera conjunta dos tipos (o gráficas) de visualizaciones de datos se permite analizar un fenómeno desde perspectivas complementarias. Tal es el caso del mapa de calor (Figura 4) y las gráficas temporales presentadas en las Figuras 5 y 6. Donde por medio del mapa de calor se identificó y seleccionó las zonas que presentaban mayor intensidad en casos de hurto y posteriormente a través de las figuras 5 y 6 se logró identificar de cierto modo las tendencias (aumento y disminución) de este delito en el tiempo. Sin embargo, para completar este panorama fue necesario emplear un análisis espacial. Es allí donde la información obtenida logra ser interpretada en un mejor contexto.

Como resultado, se obtuvieron los mapas de las Figuras 7, 8, 9 y 10 que mostrarán geográficamente el impacto del delito estudiado en las Comunas afectadas, logrando identificar dos zonas a intervenir (como anteriormente fue señalado). Posteriormente, y dada que esta investigación se origina desde la Universidad Tecnológica de Pereira se decidió seleccionar la zona conformada por las Comunas Universidad y Boston puesto que influye directamente en el entorno de la Universidad.

Al realizar un análisis espacio-temporal se encontró que los barrios El Tulcán II, Central y Ciudad Jardín conformaban otra zona que se caracterizaba primero por la proximidad geográfica entre ellas y segundo por la presencia de reportes de hurto de celulares, tanto en jornada de la tarde como de noche. Del mismo modo, esto concuerda con el contexto y dinámica que presenta la Universidad Tecnológica de Pereira, puesto que dichos barrios son escogidos por los estudiantes que viven fuera de la ciudad precisamente por la proximidad al claustro educativo. Por lo tanto, este sector se muestra como un área de intervención para el desarrollo de políticas de prevención y acción contra el crimen.

Por último, considerando trabajos futuros en este campo se podría pensar en consolidar los reportes de los años 2015, 2016 y 2017, lo que permitiría obtener una muestra de mayor número de registros, dando más amplitud a los resultados. Donde se evidenciaría la necesidad de crear modelos predictivos estadísticos de mayor efectividad, que podrían ayudar a establecer patrones de comportamientos esperados en las comunidades afectadas por este tipo de eventos.

■ Referencias

- Agbozo, E. (2018). An e-Policing Model for the Ghana Police Service An e-Policing Model for the Ghana Police Service, (May). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/325157317_An_e-Policing_Model_for_the_Ghana_Police_Service
- Bachner, J. (2013). Preventing Crime with Data and Analytics Predictive Policing Predictive Policing : Preventing Crime with Data and Analytics. IBM Center for Business of Government.
- Dinero. (2017). Robo de celulares en Colombia 2017. Retrieved September 29, 2018, from <https://www.dinero.com/pais/articulo/robo-de-celulares-en-colombia-2017/245345>
- El Tiempo. (2018). En nueve capitales el hurto creció en todas sus modalidades. Delitos - Justicia - ELTIEMPO.COM. Retrieved September 29, 2018, from <https://www.eltiempo.com/justicia/delitos/en-nueve-capitales-el-hurto-crecio-en-todas-sus-modalidades-199894>
- Estrada, V. & Gómez, M.S. (2015). *Análisis del delito en la ciudad de Manizales usando herramientas Sig*. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Especialización en Sistemas de Información Geográfica. Manizales. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Ferguson, A.G. (2017). *Policing Predictive Policing*, 94.
- Johnson, C.P. (2000). Crime Mapping and Analysis Using GIS. *Geomatics 2000: Conference on Geomatics in Electronic Governance*, (January), 1–5. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11064.14081>
- Leigh, J., Dunnett, S., & Jackson, L. (2017). Predictive police patrolling to target hotspots and cover response demand. *Annals of Operations Research*, 1–16. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-017-2528-x>
- Libicki, M., Senty, D., & Pollak, J. (2005). *Predictive Policing: The Role of Crime Forecasting in Law Enforcement Operations*. RAND Corporation. <http://dx.doi.org/10.1214/07-EJS057>
- Mejía, D., Ortega, D., & Ortiz, K. (2014). Un análisis de la criminalidad urbana en Colombia. *Working Paper*, 1–54. Retrieved from <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2015/01/Criminalidad-urbana-en-Colombia-diciembre-2014.pdf>
- Policía Nacional de Colombia. (2015). *Comunidades Seguras y en Paz*. Bogotá
- Pearsall, B. (2010). Predictive Policing: The Future of Law Enforcement? *NIJ Journal National Institute of Justice*, (266), 16–19. Retrieved from <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/230414.pdf>
- Prokscha, S. (2006). Cleaning data, 61–73. <http://dx.doi.org/10.1201/9781420007886.ch7>
- Sengupta, A., Kumar, M., & Upadhyay, S. (2014). Crime Analyses Using R. In *Data Mining Applications with R* (pp. 367–396). Academic Press. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-411511-8.00014-1>
- Semana. (2017). La fracasada lucha contra el robo de celulares. Retrieved September 29, 2018, from <https://www.semana.com/tecnologia/articulo/la-fracasada-lucha-contra-el-robo-de-celulares/538623>

Estudio de caso

Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: caso de una línea de confección de prendas

Simple Assembly Line Problem Type I (SALBP-I): The case of a clothing production line

Problema de balanço de uma linha tipo SALBP: caso de uma linha de produção de roupas

Diego León Peña Orozco^{a,*} | Jaime Leonardo Jiménez Gómez^b

^a <http://orcid.org/0000-0002-4301-0271> Corporación Universitaria Minuto de Dios, Buga, Colombia

^b Universidad del Valle, Cali, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-04-05
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-08-27
- **Fecha de aprobación:** 2019-09-28
<http://dx.doi.org/10.22335/rfct.v11i2.866>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Peña Orozco, D. L., & Jiménez Gómez J. L. (2019). Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: caso de una línea de confección de prendas. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 176-196. <http://dx.doi.org/10.22335/rfct.v11i2.866>

RESUMEN

En este trabajo se presenta un problema del tipo SALBP (*simple assembly line balancing problem*), donde n tareas son realizadas en m estaciones de trabajo manual, ubicadas a lo largo de una línea de confección. El problema se estudia desde las variaciones SALBP-I, SALBP-2 y SALBP-F; este último es tratado como un modelo bi-objetivo, con el propósito de evaluar posibles soluciones factibles de la combinación de estaciones y tiempos de proceso. Las tres variaciones del problema son resueltas con el uso de métodos heurísticos y métodos analíticos, para concluir sobre la complejidad del problema y la eficiencia de los métodos de solución propuestos para este problema.

Palabras clave: balanceo de línea de ensamble, SALBP-I, SALBP-II, SALBP-F

SUMMARY

This paper presents a SALBP (*simple assembly line balancing problem*) problem, where n tasks are performed on manual workstations, located along a production line. The problem is studied using the variations SALBP-I, SALBP-2 and SALBP-F; the latter is treated as a bi-objective model, in order to evaluate possible feasible solutions of the combination of stations and process times. The three variations are solved with the use of heuristic methods and analytical methods, to conclude on the complexity of the problem and the efficiency of the proposed solutions.

Keywords: Assembly line balancing, SALBP-I, SALBP-II, SALBP-F



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: dpenaorozco@uniminuto.edu.co

SUMÁRIO

Este trabalho apresenta um problema tipo SALBP (*simple assembly line balancing problem*), onde n tarefas são realizadas em m estações de trabalho manual, localizadas ao longo de uma linha de produção de roupas. O problema é estudado a partir das variações SALBP-I, SALBP-2 e SALBP-F. Este último é tratado como um modelo bi-objetivo, com o objetivo de avaliar possíveis soluções viáveis da combinação de estações e tempos de processo. As três variações do problema são resolvidas com o uso de métodos heurísticos e analíticos, para concluir sobre a complexidade do problema e a eficiência dos métodos de solução propostos para esse problema.

Palavras-chave: Balanço de linha de montagem, SALBP-I, SALBP-II, SALBP-F

La producción en línea se relaciona con la fabricación de grandes cantidades de productos estandarizados, que se organizan en líneas de ensamble que, de acuerdo con Cabrera y González (2019), se caracteriza por tratarse de operaciones vinculadas a estaciones de trabajo donde las piezas que visitan las estaciones son intervenidas de manera secuencial para conformar un producto. Los problemas de equilibrio de la línea de ensamblaje son una tarea importante en la planificación de la producción de mediano plazo (Becker y Scholl, 2006), entendiéndose que la gestión de este tipo de sistemas productivos está relacionada como lo mencionan Gurevsky, Battaia y Dolgui (2012) y Pereira y Álvarez-Miranda (2018), con la eficiencia y la capacidad de producción, el inventario en proceso, la calidad del producto, la asignación de recursos y el control de flujos, entre otros aspectos que se vuelven determinantes en la competitividad de cualquier organización. Por su parte, Ozbakir, Baykasoğlu, Gorkemli y Gorkemli (2011) así como Baykasoğlu, Özbakir, Gorkemli y Gorkemli (2012) mencionan que el balance de línea hace un gran aporte en la reducción de fallas y aumento de la productividad, lo que mejora la flexibilidad y competitividad de una compañía en un mercado cada vez más complejo. La producción en línea está comúnmente presente en las industrias de manufactura y tiene el propósito de reducir costos en la producción en masa, donde son requeridas líneas de producción altamente eficientes y flexibles con base en su adecuado diseño y balanceo.

Una línea de ensamble consiste en estaciones de trabajo $k = 1, \dots, m$ usualmente ubicadas a lo largo de una banda transportadora. Las piezas de trabajo son colocadas en la línea y movidas de estación en estación, de tal forma que en cada una se desarrollan operaciones iguales de manera repetitiva de acuerdo con un tiempo de ciclo, el cual es

definido en Fucci (2014) como el tiempo máximo o promedio disponible para cada ciclo de trabajo.

Tal como se describe en Polat, Mutlu y Özgormus (2018), la manufactura de un producto en una línea de ensamble requiere dividir la cantidad total de trabajo en un conjunto $V = \{1, \dots, n\}$ de operaciones elementales llamadas tareas. Además, desarrollar una tarea j toma un tiempo de tarea t_j y requiere máquinas o habilidades de los operarios para realizarse. La cantidad de trabajo total necesaria para ensamblar una pieza de trabajo es medida como la suma de los tiempos de tarea t_{sum} . Debido a las condiciones tecnológicas y organizacionales, se deben considerar restricciones de precedencia entre tareas. El problema de balanceo de línea de ensamble (ALBP), tal como lo mencionan Nourmohammadi, Fathi y Ng (2019), consiste en hallar un balance de línea (asignación de cada tarea a una estación) tal que se cumplan restricciones de precedencia, entre otras restricciones.

Existen diversas clasificaciones de los problemas de balanceo de línea que permiten describir los aspectos particulares considerados en cada uno, tal como lo plantean Zuluaga-Ramírez y Gómez-Suta (2016) y Gansterer y Hartl (2018), quienes hacen una revisión sobre las diferentes clasificaciones presentadas en la literatura. En este sentido, se identifica a Baybars (1986) quien propone una clasificación en la que se distinguen dos tipos de problemas clásicos: el simple (SALBP) y el general (GALBP); en la que plantean cuatro categorías de modelos de balanceo de línea: modelo simple determinístico, modelo simple estocástico, modelo multi/mixto determinístico y modelo multi/mixto estocástico. La siguiente clasificación presentada en la figura 1, recopila las propuestas de Baybars (1986) y también las de Scholl (1999), Pinto, Dannenbring y Khumawala (1983), Rekiek et al. (2002) y Becker y Scholl

(2006), referidas también en Peltokorpi, Tokola y Niemi (2012), Battaia y Dolgui (2013), Battaia, Delorme, Dolgui, Frédéric y Finel (2015), Yolmeh y Kianfar (2012), Otto, Otto y Scholl (2013), Hamzadayi y Yildiz (2012), Akpinar y Baykasoğlu (2014) y en González, Simonetti, Michelin, Martinhon y Santos (2016).

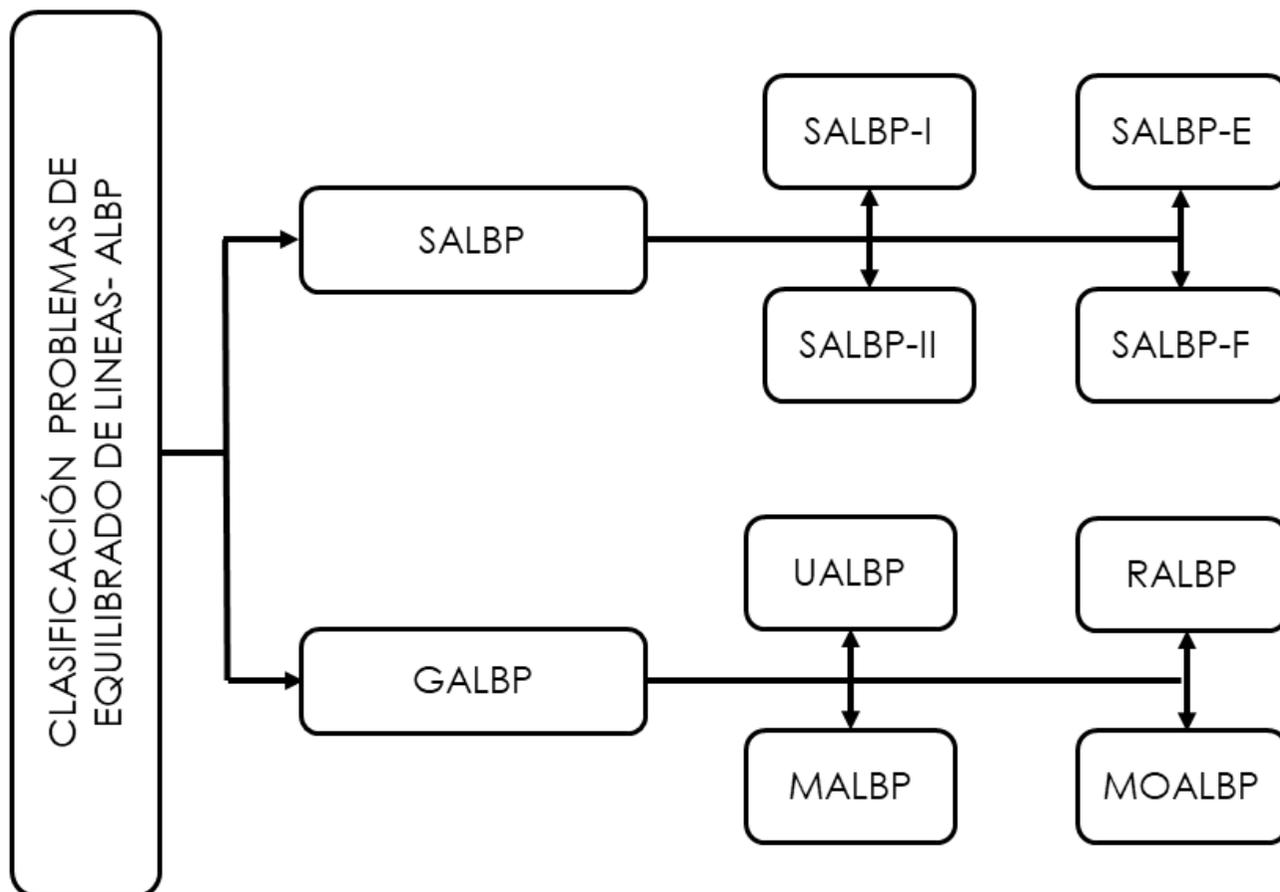
A fin de generar mayor claridad con los desarrollos presentados en este artículo y los escenarios que se desarrollarán, se presenta la definición de Restrepo, Medina y Cruz (2008), Pitakaso y Sethanan (2016) y Bappy, Musa y Hossain (2019) para los cuatro casos de SALBP:

a. SALBP-I: consiste en asignar un conjunto de tareas a las estaciones de tal forma que se minimice el número de estaciones, dado un tiempo de ciclo (o tasa de producción). Este caso se presenta habitualmente cuando un nuevo sistema de montaje se va a instalar y la demanda externa puede ser estimada. Trabajos como los de Sungur y Yavuz (2015), referencian estudios clásicos como Jackson (1956), Dar-El (1975), Mastor (1970), Pinto, Dannenbring y Khumawala (1975), Wee y

Magazine (1981a), Chutima y Prasert (2018) y Johnson (1973) abordan este problema.

- b. SALBP-2: busca minimizar el tiempo de ciclo o equivalentemente, maximizar la tasa de producción, dado un número de estaciones fijo. Se considera que la línea de montaje ya existe. Mastor (1970), Wee y Magazine (1981b) y Chutima y Yothaboriban (2017) presentan desarrollos de este tema, así como Scholl y Klein (1997).
- c. SALBP-E: maximiza la eficiencia E de la línea; esto es, minimiza el producto de m (número de estaciones) por c (tiempo de ciclo), estudiado en Jusop y Rashid (2015), Corominas, García y Pastor (2016), Kuzmin y Haritonova (2019) y Salama, Abdelhalim y Eltawil (2017).
- d. SALBP-F: consiste en determinar si existe alguna solución factible para la combinación de un número m de estaciones y un tiempo de ciclo c ; es decir, se quiere conocer si la línea puede operar con m estaciones y un tiempo de ciclo c dados. El SALBP-F ha sido trabajado en Alavidoost, Zarandi, Tarimoradi y Nemati (2017), Kamarudin y Rashid (2018), Huo, Wang, Chan, Lee y Strandhagen (2018) y Vidondo (2019), entre otros.

Figura 1. Clasificación ALBP.



En el desarrollo de este documento, se tomará como objeto de estudio uno de los casos tratados en Servin (2004) y referido también en Pascual-García (2015); en donde se propone un método heurístico que resuelve el problema SALBP-I para la industria de vestidos en México, mostrando las posibilidades existentes de solución mediante un algoritmo genético híbrido (AG) simple que incluye la técnica de lógica difusa (LD) en el proceso de evaluación. El algoritmo genético se entiende como un método adaptativo que busca encontrar soluciones cada vez más óptimas, tomando como principio el proceso de la genética de los seres vivos donde sobreviven los más fuertes (Hernández, 2019). Entre tanto, la lógica difusa se trata de una lógica multivaluada que de acuerdo con Cubides, García, Marín, Caracas y López (2018), permite utilizar valoraciones más allá de las binarias de sí o no, verdadero o falso, entre otras, que facilitan cálculos más precisos y cercanos a la realidad.

Los datos serán usados para aplicar un método analítico de solución que permite determinar los valores óptimos de cada problema, propuesto por los autores, ampliando la aplicación a un problema SALBP-2 y, por último, al SALBP-F. Dado que Servin (2004) solo aplica la metodología para el problema SALBP-I, en este trabajo se presenta la solución analítica para los tres casos del SALBP usando el lenguaje de programación AMPL, después de haber abordado la solución para el SALBP-I y SALBP-2 con el uso de algunas heurísticas, con el propósito de comparar los resultados en procura de validar la precisión de los métodos heurísticos. Finalmente, se concluye de acuerdo con los resultados obtenidos.

■ Caso de estudio

El caso de Servin (2004) tomado para el desarrollo de este trabajo, describe el proceso de elaboración de una prenda de vestir considerando un conjunto de tareas que presentan restricciones de precedencia, además de la agrupación de las tareas de diversas formas dentro de su proceso de producción, debido a su naturaleza discreta. En este caso de estudio se considera una empresa que elabora diferentes prendas de vestir. Estas prendas son fabricadas en módulos o líneas de producción, entendidas como una serie de máquinas agrupadas, con las cuales se pueden realizar todas las tareas necesarias para fabricar una prenda de vestir, de manera que permita empezar y terminar la prenda en esas máquinas.

El problema del balanceo de un módulo de confección consiste en asignar las tareas necesarias a los operarios,

para fabricar una prenda, de manera que las cargas de trabajo y los tiempos necesarios para realizar las operaciones asignadas a cada operario, sean lo más equilibrado posible, es decir, que se utilicen los recursos de la mejor manera. Esta empresa cuenta con 15 módulos o líneas de confección; para este trabajo se tomará el módulo o línea de producción de pantalones, para ser analizado.

Los primeros pasos en el ensamble de prendas se conocen como preparación de las piezas o subensamble, después se realiza el ensamble y por último el terminado o acabado de la prenda, que logra un aspecto presentable y adecuado de la misma para el consumidor. Según Servin (2004), no es común encontrar empresas que utilicen métodos analíticos para hacer el equilibrado de líneas, frecuentemente recurren a la intuición y al cálculo aproximado. Además, en la industria de manufactura, tal como lo mencionan Zaman, Imtiaz y Motaleb (2018), balancear una línea de ensamble, trata del diseño de un flujo de producción fluido mediante la asignación de tareas a los trabajadores para permitir que cada trabajador complete la carga de trabajo asignada en un tiempo uniforme, buscando la misma cantidad de trabajo y evitando sobrecargas y esperas.

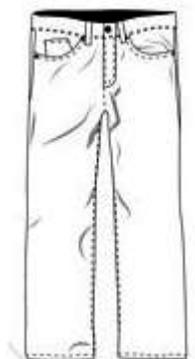
A continuación, se presentan los pasos clásicos que se desarrollan en una línea dentro de un taller de confecciones, considerando además que el método puede tener variación dependiendo de la empresa que elabore la prenda.

■ Operaciones necesarias para realizar la prenda

En primera instancia debe realizarse el desglose de las operaciones, lo que permite establecer el número y tipo de piezas. Para este caso, tomando el proceso de ensamble de pantalones de caballero, cuyos componentes se encuentran consolidados en la tabla I, primero se analizan las operaciones de preparación sin las que es imposible continuar con el ensamble. Se enumeran las operaciones en orden ascendente, y cada operación tiene asignado un tiempo, partiendo para este estudio del supuesto de que el tiempo es independiente de la máquina en la que se realice la operación. El pantalón de caballero tradicional está siendo considerado como producto estándar, y aunque actualmente existen muchos estilos, se describen las piezas del producto tradicional Blue Jean. De igual manera, se considera que su fabricación durante una temporada es de 1.000 pantalones diariamente.

Tabla 1. Componentes de la prenda

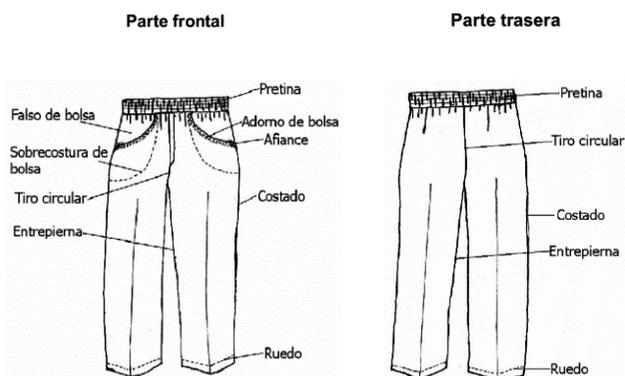
Piezas del pantalón (Blue Jean)	
2 delanteros	
2 traseros	
1 cierre	
1 botón metálico	
2 carteras (bragueta)	
1 pretina	
1 etiqueta de cuidado, composición de materiales, marca y talla	



En la figura 2 se presentan los elementos que forman parte de un pantalón convencional, con el propósito de familiarizarse con las denominaciones.

Es importante precisar que las operaciones que se toman como referencia pueden tener sus variaciones dependiendo del taller de confecciones; sin embargo, las características propias de esta línea objeto de estudio, se pueden enumerar como siguen:

Figura 2. Partes tradicionales de un pantalón



- Se produce de una manera secuencial y unidireccional.
- Se dispone de un grupo de máquinas y operarios, divididos en estaciones que realizan distintas operaciones.
- Los tiempos de las operaciones están definidos y estandarizados.
- Producen un número elevado de prendas; es decir, los lotes de producción son grandes.
- Se tiene una secuencia de operaciones las cuales deben cumplirse (precedencia) (véase tabla 2).

Diagrama de operaciones

A continuación, se detallan los datos más importantes sobre la prenda y se muestran las operaciones requeridas para su elaboración. En la tabla 3 se muestra la agrupación de las operaciones, con su descripción y el tiempo asociado a cada operación, así como el tiempo total requerido para la fabricación de un pantalón.

Con esta información se da inicio a la aplicación de dos métodos heurísticos para obtener el balanceo del SALBP-1 y SALBP-2, con el propósito de tener una base de comparación de los resultados que se obtendrán con la aplicación del método analítico y poder validar la información obtenida a partir de la consulta bibliográfica sobre la efectividad de estos métodos heurísticos.

Implementación de algoritmos

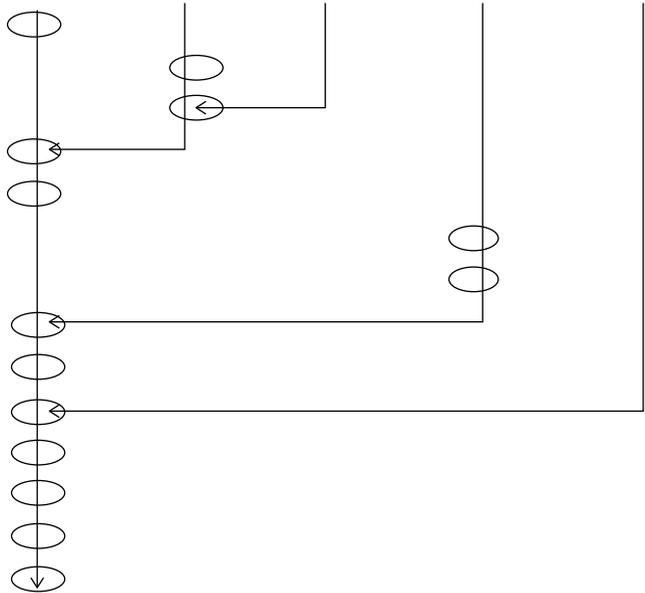
Con los datos presentados en el apartado anterior se procede a implementar los algoritmos correspondientes a cada configuración del problema SALBP. En primera instancia, se utilizará el algoritmo COMSOAL estudiado en Orozco, García y Grisales (2016), Díaz (2017) y Lozano, Miño y Mariño (2018), entre otros autores, para el modelo

Tabla 2. Operaciones y tiempos de confección

Número	Operación	Tiempo (min.)	Número	Operación	Tiempo (min.)
10	Sobre hilar delantero	1,760	80	Unir costado	0,700
20	Sobre hilar cartera	0,074	90	Pegar pretina y descoser	0,676
30	Pegar cierre a cartera	0,200	100	Hacer punta de pretina	0,632
40	Pegar cartera izquierda	0,280	110	Cerrar entrepierna	0,700
50	Pegar cartera derecha y unir delantero	0,290	120	Hacer bajos	0,504
60	Sobre hilar trasero	1,880	130	Hacer ojal y pegar botón	0,300
70	Unir trasero	0,340	140	Revisado final	1,180
				Tiempo total	9,516

Tabla 3. Diagrama de operaciones de la prenda

Descripción de operación	Tiempo (min)	Número	Pieza de la prenda / secuencia operación				
			Delantero	Cartera	Cierre	Trasero	Pretina
Sobre hilar delantero	1,76	10	○				
Sobre hilar cartera	0,074	20		○			
Pegar cierre a cartera	0,2	30		○	○		
Pegar cartera izquierda	0,28	40	○				
Pegar cartera derecha y unir delantero	0,29	50	○				
Sobre hilar trasero	1,88	60				○	
Unir trasero	0,34	70				○	
Unir costado	0,7	80	○				
Pegar pretina y descoser	0,676	90	○				
Hacer punta de pretina	0,632	100	○				
Cerrar entrepierna	0,7	110	○				
Hacer bajos	0,504	120	○				
Hacer ojal y pegar botón	0,3	130	○				
Revisado final	1,18	140	○				



SALBP-1; y posteriormente el método de Kilbridge y Wester estudiado en Salazar y Santa (2013), Medina-Chacón (2014), Meneses (2014) y Sánchez (2017), entre otros autores, para el SALBP-2. Luego con los resultados obtenidos se procederá a mostrar las posibles soluciones para el problema SALBP-F. Por último, se aplicará el método analítico con el uso de programación con el lenguaje AMPL, para comparar los resultados, este último aplicado para solucionar el SALBP-1, SALBP-2 y SALBP-F.

■ Algoritmo COMSOAL (computer method for sequencing operations for assembly lines)

Durante el proceso de documentación bibliográfica se encuentra que en algunos de los trabajos de Restrepo et al. (2008), Galofre-Vásquez, Mejía-Ávila y Acuña-Molina (2012), así como en Lozano et al. (2018), tratan problemas de balanceo SALBP-1 y SALBP-2, con el uso de algunos heurísticos entre los que se destaca el algoritmo COMSOAL, que a pesar de ser un procedimiento que data de los años sesenta, es todavía aplicado con resultados muy eficientes. El algoritmo COMSOAL según lo presentan autores como Arcus (1966), Kucukkoc, Karaoglan y Zhang (2018) y Chen et al. (2019) es un método algorítmico que aunque no garantiza llegar al óptimo; ofrece resultados aceptables y útiles. COMSOAL emplea

un método de generación de secuencias, donde las tareas son clasificadas según su peso posicional, con base en el tiempo más largo de funcionamiento (LOT), el tiempo más corto de funcionamiento (SHOT), la mayor cantidad de las tareas siguientes y menor número de las tareas siguientes. Arcus (1996) y Chen et al. (2019) describen el funcionamiento del COMSOAL en siete pasos. Por otra parte, en su trabajo, Restrepo et al. (2008) resumen el algoritmo COMSOAL en seis pasos, que se presentan a continuación y que serán los tomados para la aplicación a este caso de estudio. Son ellos:

- Para cada tarea identifique las tareas que le siguen inmediatamente o preceden inmediatamente.
- Crear una lista A con las tareas no asignadas, sus predecesoras inmediatas (no asignadas) y el número total de tareas que la preceden (no asignadas).
- De la lista A cree una lista B conformada por las tareas que tienen cero (0) predecesores. Si no hay tarea sin ser asignada a estaciones entonces pare.
- De la lista B, cree una lista C compuesta de las tareas que tienen tiempo de proceso que no supera el tiempo disponible de la estación. Si la lista C está vacía, abra una nueva estación y repita el paso b.
- Aleatoriamente seleccione de la lista C una tarea para asignarla a la estación.
- Actualice el tiempo disponible en la estación y la lista A. Retorne al paso c.

En este sentido, se identifican las tareas con sus respectivas precedencias, es decir, aquellas tareas que preceden o siguen inmediatamente (véase tabla 4).

Tabla 4. Lista de tareas inicial para SALBP-I. Tiempo de ciclo asignado: 1.880 min

Operación	Precedencia	Tiempo (min.)
10	-----	1,760
20	-----	0,074
30	20	0,200
40	10 ; 30	0,280
50	40	0,290
60	-----	1,880
70	60	0,340
80	50 ; 70	0,700
90	80	0,676
100	90	0,632
110	100	0,700
120	110	0,504
130	120	0,300
140	130	1,180

Se realizan secuencialmente los pasos ya descritos hasta obtener una asignación completa de las tareas, esto dio lugar a 14 iteraciones (véase figura 3) de las cuales el resultado final es el que se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados para el algoritmo SALBP-I COMSOAL

	Centros de trabajo					
	1	2	3	4	5	6
	20	60	70	90	110	140
	10		30	100	120	
			50		130	
			40			
			80			
Tiempos de ciclo (min.)	1,83	1,88	1,81	1,308	1,504	1,18

La aplicación del algoritmo finalmente arrojó un tiempo de ciclo asignado de 1,880 min con un número de estaciones de trabajo asignadas por el algoritmo de 6. En la figura 4 se muestran las operaciones asignadas a cada una de las seis estaciones de trabajo.

Método de Kilbridge y Wester para SALBP-2

Este método es aplicado para el problema tipo 2 del SALBP, básicamente porque propone minimizar el tiempo ocioso de una línea, lo que permite acercarse a una solución donde se obtiene un número de estaciones con el mejor tiempo de ciclo posible dentro de su alcance. La solución se obtiene mediante la aplicación de los siguientes pasos planteados en Kilbridge y Wester (1996):

Figura 3. Diagrama de precedencias línea de fabricación de un pantalón Jean

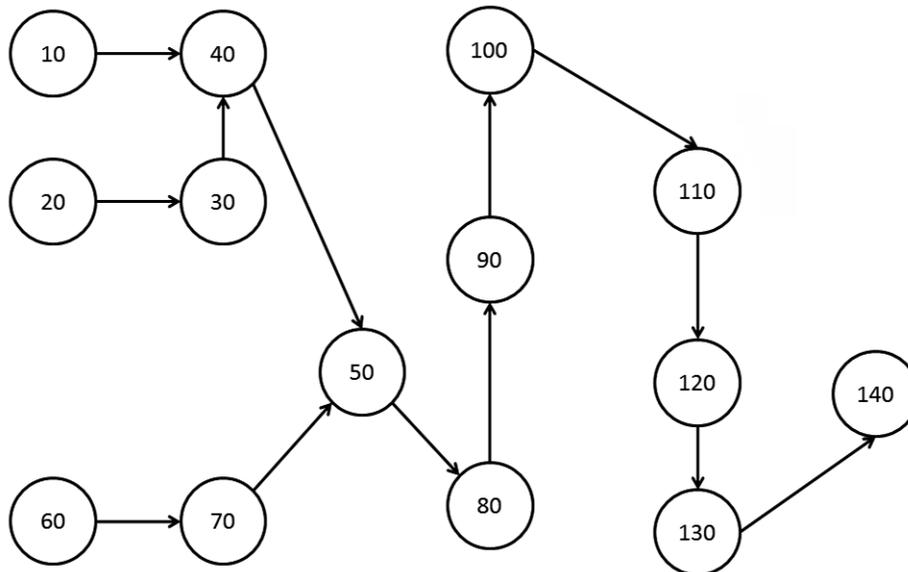
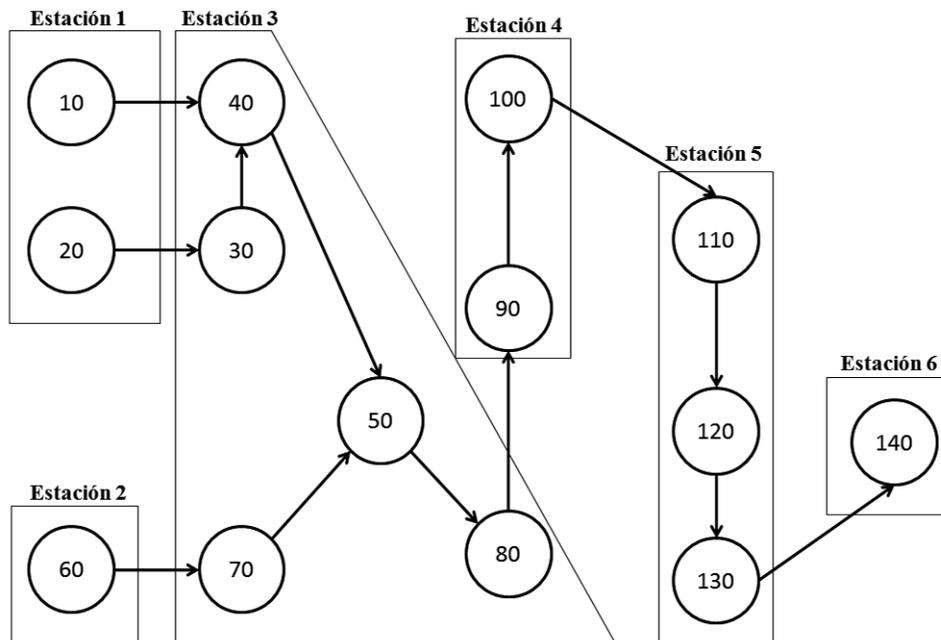


Figura 4. Diagrama de procedencia COMSOAL



- Construir un diagrama de precedencia, como se observa en la tabla 4.
- Determinar un tamaño de ciclo (C). El tamaño de ciclo se puede definir con el fin de cumplir con una demanda o tasa de producción esperada o minimizar el tiempo ocioso de la línea.
- Con esta información se empieza asignando las tareas que no tengan precedencias, hasta que se cubra la disponibilidad de cada centro de trabajo teniendo en cuenta la restricción de tiempo. Se crea entonces una lista con las tareas no asignadas, luego se escogen las que no tengan precedencias asignando tantas tareas como sea posible teniendo en cuenta el orden en que deben realizarse.
- El proceso se repite hasta que todas las operaciones queden asignadas a sus estaciones de trabajo (véase tabla 6).

Después de la primera iteración se asignan las tareas 10 y 20 a la estación 1 (véase tabla 7).

En la estación 2 será asignada la tarea 60. Se continúan las iteraciones hasta que la totalidad de tareas sean asignadas a las diferentes estaciones. En total se realizan cinco iteraciones, terminando así la asignación de tareas, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 8.

En la figura 5 se presenta la distribución de operaciones por estaciones de trabajo obtenidas por este método.

Tabla 6. Primera iteración método Kilbridge y Wester.

Operación	Precedencia	Tiempo (min.)			
10	-	1,76			
20	-	0,074			
30	20	0,2			
40	10 ; 30	0,28			
50	40	0,29			
60	-	1,88			
70	60	0,34			
80	50 ; 70	0,7			
90	80	0,676			
100	90	0,632			
110	100	0,7			
120	110	0,504	10	-	1,76
130	120	0,3	20	-	0,074
140	130	1,18	Tiempo utilizado		1,834

Comparación de resultados

En la tabla 9 es posible ver las diferencias de asignación de tareas en los modelos de acuerdo con los algoritmos empleados. En ambos casos, las mismas operaciones son asignadas a los centros de trabajo 1, 2 y 3, mientras que para los centros de trabajo 4 y 5 se presentan algunas

Tabla 7. Segunda iteración método Kilbridge y Wester

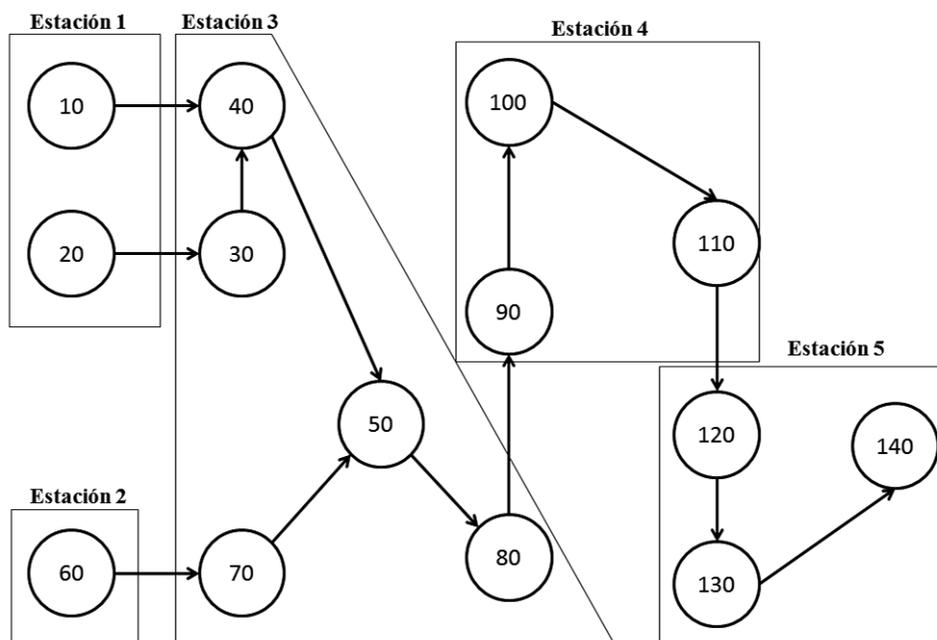
Operación	Precedencia	Tiempo (min.)
30	20	0,2
40	10 ; 30	0,28
50	40	0,29
60	-	1,88
70	60	0,34
80	50 ; 70	0,7
90	80	0,676
100	90	0,632
110	100	0,7
120	110	0,504
130	120	0,3
140	130	1,18
Tiempo utilizado		1,88

Estación 1		
Operación	Precedencia	Tiempo (min.)
60	-	1,88

Tabla 8. Resultados método de Kilbridge y Wester para SALBP-2

Estaciones	Operaciones	Tiempo (min.)
1	10, 20	1,834
2	60	1,88
3	30, 40, 50, 70, 80	1,81
4	90, 100, 110	2,008
5	120, 130, 140	1,984
Tiempo total en min.		9,516

Figura 5. Estaciones obtenidas por el método Kilbridge y Wester.



variaciones; obedeciendo a las restricciones de tiempo de ciclo obtenido en el SALBP-1, se tiene un número de centros de trabajo mayor que en el SALBP-2, diferencia que se presenta debido a que el tiempo de ciclo en el primero es menor.

Tabla 9. Asignación de tareas para SALBP 1 y 2

SALBP-1 = COMSOAL (Operación)						SALBP-2 = KILBRIDGE y WESTER (Operación)				
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
20	60	70	90	110	140	10	60	30	90	140
10	30	100	120			20	70	100	120	
		50	130				40	110	130	
		40					50			
		80					80			

Considerando que los dos aspectos más importantes en el balanceo de líneas de ensamble son la tasa de producción y la eficiencia, se calcula la eficiencia de las soluciones obtenidas para cada centro de trabajo, tomando como base para el SALBP-1 un tiempo de ciclo $C = 1,88$ min y para el SALBP-2 un tiempo de ciclo $C = 2$ min. Los resultados se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Eficiencias para los centros de trabajo según el modelo utilizado

Centro de trabajo	SALBP-1 (min.)	Eficiencia (%)	SALBP-2 (min.)	Eficiencia (%)
1	1,834	97,60	1,834	91,7
2	1,88	100,00	1,88	94,0
3	1,81	96,30	1,81	90,5
4	1,308	69,60	2,008	100,4
5	1,504	80,00	1,984	99,2
6	1,18	62,80		

A pesar de que los dos modelos y métodos son distintos, como se puede ver en la tabla 10, se obtienen tiempos de ciclo idénticos para las primeras tres estaciones de trabajo, y variación en los tiempos de ciclo siguientes. Aunque se obtuvieron resultados similares, cabe resaltar que en el método de Kilbridge y Wester aplicado al SALBP-2 existen eficiencias mayores que en el otro método. En este sentido, las eficiencias pueden motivar la elección de un arreglo como el planeado para el SALBP-2. Sin embargo, en el ambiente de la implementación se deben considerar situaciones de espacio y viabilidad práctica de las operaciones, que al final se convierten en determinantes al momento de tomar la decisión.

Por otra parte, se realiza el cálculo de la eficiencia global para estas soluciones, donde se obtienen los siguientes resultados usando la fórmula de cálculo que se presenta a continuación:

$$Eficiencia = \frac{\sum \text{Tiempos de tarea}}{\# \text{ de estaciones} * T. \text{ de ciclo asignado}}$$

Como se observa en la tabla 11, los resultados obtenidos también evidencian una mejor eficiencia global para la solución del SALBP-2, lo logra a pesar de que el tiempo de ciclo es mayor al tomado como referencia para el SALBP-1.

Tabla 11. Comparación de eficiencias

	SALBP-1	SALBP-2
Tiempo de tarea (min.)	9,516	9,516
Número de estaciones	6	5
Tiempo de ciclo	1,88	2
Eficiencia	84,4%	95,2%

Esto se explica con base en el mayor tiempo disponible por ciclo, lo que permite finalmente una mayor ocupación

de las estaciones con las tareas propias de la labor. Estos resultados sugieren, además, que para este caso, una variación de tiempo de ciclo, puede facilitar una división del trabajo más equitativa entre las estaciones de trabajo. Lo anterior habría que validarlo en el plano real, cuando el tomador de decisiones se enfrente al problema.

Formulación de modelos matemáticos: soluciones analíticas

En este apartado se presentan los modelos matemáticos referidos al SALBP-1, SALBP-2 y SALBP-F. Se solucionan utilizando el lenguaje AMPL, con objeto de obtener las soluciones analíticas para los problemas de balanceo tipificados. Es importante resaltar que la mayor dificultad en la programación de este tipo de problemas en este lenguaje se ve reflejada en la restricción de precedencia, para la cual se debe considerar un conjunto especial, que contenga todas las posibles relaciones de precedencia entre las tareas, modificando la variable de decisión “x” y de esta manera lograr que el modelo asigne las tareas en la secuencia correcta.

Modelo matemático para SALBP-1

Variables de decisión

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{Si la tarea } i \text{ se hace en la estación } j \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{Si existe la estación de trabajo } j \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Parámetros

$$t_i = \text{tiempo de proceso de la tarea } i$$

$$C = \text{tiempo de ciclo}$$

Función objetivo

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^M y_j$$

Restricciones

$$\sum_{i=1}^N t_i * x_{ij} \leq C * y_j \quad j = 1, \dots, M$$

$$\sum_{j=1}^M x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, N$$

$$\sum_{j=1}^M j^* x_{kj} \leq \sum_{j=1}^M j^* x_{ij} \quad \forall k < i$$

$$y_{j+1} \leq y_j \quad j = 1, 2, \dots, M-1$$

$$x_{ij} = \{0,1\} \quad \forall (i,j) \quad y_j = \{0,1\} \quad \forall (j)$$

El modelo de programación propuesto se plantea en lenguaje AMPL y se resuelve utilizando el solver de CBC en el servidor de NEOS, obteniendo los resultados que se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Asignación de estaciones (1 = abrir la estación de trabajo; 0 = no se abre).

Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abiertas	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0

El problema contempla 150 variables (todas binarias); 37 restricciones lineales; 14 restricciones de igualdad; 23 restricciones de desigualdad; 1 objetivo lineal. Utilizando un tiempo de ciclo de 1,88 min, se obtuvo un número máximo de seis centros de trabajo y se realizaron 39.584 iteraciones en 2,92 min, con la asignación presentada en la tabla 13.

Tabla 13. Asignación obtenida mediante SALBP-1

Estaciones	Operaciones	Tiempo (min.)
1	10, 20	1,834
2	30, 40, 50	0,77
3	60	1,88
4	70, 80, 90	1,716
5	100, 110, 120	1,836
6	130, 140	1,48
Tiempo total en min.		9,516

Fuente: los autores.

Al comparar la eficiencia de las soluciones obtenidas por el método analítico y por el COMSOAL, se observa que se obtiene una eficiencia global igual a 84,36%, que se explica debido a que en ambos casos se trabaja con un tiempo de ciclo $C = 1,88$, que como se debe recordar es un dato de entrada en el SALBP-1. Sin embargo, al observar las eficiencias de los centros de trabajo en particular consolidadas en la tabla 14, se pueden identificar diferencias importantes en las eficiencias parciales.

Tabla 14. Eficiencias para los centros de trabajo: COMSOAL y ANALÍTICO para el SALBP-1

Centro de trabajo	SALBP-1 COMSOAL Eficiencia (%)	SALBP-1 ANALÍTICO Eficiencia (%)
1	97,55	97,55
2	100,00	40,96
3	96,28	100,00
4	69,57	91,28
5	80,00	97,66
6	62,77	78,72
Tiempo de ciclo (min.)	1,88	1,88

La más notoria se presenta en la estación de trabajo No. 2 con una diferencia en la eficiencia del 59,04% por debajo el método analítico con respecto al algorítmico. Los datos arrojados por el algoritmo COMSOAL, muestran un tiempo ocioso en las operaciones 4 de 30,43%, 5 de 20% y en la operación 6 de 37,23%, que frente a la demanda de trabajo adicional por fuera de la estación de trabajo puede limitar el uso de los operarios para soportar estas actividades. El método analítico concentra en la estación 2 el mayor tiempo ocioso (59,04%), seguida por la estación 6 (21,3%), lo que puede facilitar la asignación de actividades adicionales, no consideradas en el balanceo a los trabajadores de estas estaciones.

Modelo matemático para SALBP-2

Variables de decisión

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{si la tarea } i \text{ se hace en la estación } j \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$C =$ tiempo de ciclo

Parámetros

$t_i =$ tiempo de proceso de la tarea i

Función objetivo

Min C

Restricciones

$$\sum_{i=1}^N t_i * x_{ij} \leq C \quad j = 1, \dots, M$$

$$\sum_{j=1}^M x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, N$$

$$\sum_{j=1}^M j^* x_{kj} \leq \sum_{j=1}^M j^* x_{ij} \quad \forall k < i$$

$$x_{ij} = \{0,1\} \quad \forall (i,j) \quad C \in R^+$$

Resultados obtenidos a partir del solver CBC de NEOS se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Tareas asignadas al número de estaciones (m) dadas

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Estaciones	1	2	3	4	5	6								

El problema contempla 85 variables, 84 de ellas binarias, 1 variable lineal; 33 restricciones lineales; 14 restricciones de igualdad; 19 restricciones de desigualdad; 1 objetivo lineal. Con un número máximo de estaciones de trabajo igual a seis, se obtuvo un tiempo de ciclo óptimo de 1,88 en 3.868 iteraciones en 0,43 segundos.

Observando los resultados de ambos modelos aplicando el método analítico, es posible notar que de acuerdo con el tipo de problema la manera en que se asignan las tareas puede variar, pero los resultados obtenidos en cuanto a tiempo de ciclo y estaciones de trabajo son los mismos, para este caso. En la tabla 16 se reportan los resultados obtenidos por el método analítico y los obtenidos con el algoritmo de Kilbridge y Wester, donde se observa el número de estaciones abiertas con el método analítico de seis en comparación con cinco reportadas por la solución algorítmica.

Tabla 16. Comparación Balanceo Analítico vs. Kilbridge y Wester para SALBP-2

SALBP-2 ANALÍTICO C = 1,88		SALBP-2 K y W C = 2,0	
Estación	Tareas	Estación	Tareas
1	10	1	20 10
2	20-30-40-50	2	60
3	60	3	30 70 40 50 80
4	70-80-90	4	90 100 110
5	100-110-120	5	120 130 140
6	130-140		

Al hacer el cálculo de las eficiencias globales de las soluciones, encontramos que la eficiencia obtenida por el método analítico es de 84,36% y por el método de Kilbridge y Wester es de 95,16%. Lo anterior se explica precisamente porque el segundo método parte de un tiempo de ciclo no

óptimo, que permite al final un mejor arreglo en función de los tiempos ociosos que se puedan presentar en la línea. Para explicarlo de manera más detallada, es necesario recordar que el método heurístico plantea que se debe tener el tiempo de ciclo (C), el cual debe cumplir con dos objetivos:

- Una demanda o tasa de producción esperada que se determina con:

$$C = \frac{T}{Q}$$

Donde se define:

T = Tiempo disponible de producción en un periodo conocido en minutos por día o en horas por mes

Q = Unidades requeridas a producir en el periodo *T* expresadas en unidades por día, o unidades por mes

- Un tiempo de ciclo (que debe ser un número entero) que minimice el tiempo ocioso, de tal manera que C debe ser:

$$\text{Mayor } t_j \leq C \leq \sum_{j=1}^n t_j$$

Se debe recordar que el balance perfecto se obtiene cuando:

$$\frac{\sum_{j=1}^n t_j}{C} = K = \text{entero}$$

Es evidente que la solución óptima es obtenida con el método analítico (véase tabla 17), pues el tiempo de ciclo calculado es el mínimo y óptimo, mientras que el tiempo de ciclo calculado por el método heurístico está viciado, pues en cualquier caso debe aproximarse al entero más próximo. Este procedimiento cambia la configuración de la línea y altera los datos de eficiencia.

Tabla 17. Comparación eficiencias por el método analítico vs. Kilbridge y Wester para SALBP-2

Centro de trabajo	SALBP-2 Kilbridge y Wester Eficiencia (%)	SALBP-2 ANALÍTICO Eficiencia (%)
1	91,70	93,62
2	94,00	44,89
3	90,50	100,00
4	100,40	91,28
5	99,20	97,66
6		78,72
Eficiencias promedio	95,16%	84,36%
Tiempo de ciclo (min.)	2	1,88

Para entender aún mejor el porqué de los resultados, vale la pena recordar el sentido del problema típico SALBP-2, el cual busca minimizar el tiempo de ciclo, dado un número de estaciones fijas. El procedimiento desarrollado para el SALBP-2 analítico, utilizó los resultados obtenidos como estaciones de trabajo óptimas en el SALBP-1, que arrojó un número óptimo de seis estaciones, que como bien se recuerda se tomaron como dato de entrada para el desarrollo de la solución para el problema SALBP-2.

Para efectos de validar este punto, se realiza la corrida analítica con el uso del lenguaje de programación AMPL con un dato de entrada para el SALBP-2 de cinco estaciones de trabajo, con los siguientes resultados (véase tabla 18).

Tabla 18. Tareas asignadas al número de estaciones (*m*) dadas

Tareas	1	2	6	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Estaciones	1	2		3						4				5

Se trabajan 71 variables, 70 binarias, 1 variable lineal, 32 restricciones lineales; 275 no ceros, 14 restricciones de igualdad y 18 restricciones de desigualdad, 1 objetivo lineal. Tiempo de ciclo óptimo 2,008 min, con 3.033 iteraciones, 0,310953 segundos.

Como se observa en la solución, el tiempo óptimo de ciclo obtenido es de 2,008 min, cercano al asignado con el método de Kilbridge y Wester, el cual fue de 2 min, con base en la aproximación con números primos. Nuevamente se hace evidente que la asignación al entero más próximo propuesto por el heurístico afecta el resultado de eficiencias obtenido arriba. La asignación de tareas por estaciones de trabajo se presenta en la tabla 19.

Tabla 19. Asignación obtenida mediante SALBP-2 con cinco estaciones

Tabla de resultados SALBP-2 AMPL con C = 2,008 min		
Estación	Operaciones	Tiempo (min.)
1	10	1,76
2	20, 60	1,954
3	30, 40, 50, 70, 80	1,81
4	90, 100, 110	2,008
5	120, 130, 140	1,984
Tiempo total (min.)		9,516

Obsérvese ahora como queda la distribución en eficiencia y su comparación con los resultados obtenidos por la solución algorítmica.

Tabla 20. Comparación eficiencias por el método analítico vs. Kilbridge y Wester para SALBP-2 con cinco estaciones

Centro de trabajo	SALBP-2 Kilbridge y Wester Eficiencia (%)	SALBP-2 ANALÍTICO Eficiencia (%)
1	91,70	87,65
2	94,00	97,31
3	90,50	90,14
4	100,40	100,00
5	99,20	98,80
Tiempo de ciclo (min.)	2,000	2,008
Eficiencias promedio	95,16%	94,78%

Observando los datos de la tabla 20, y comparando las soluciones, persiste una diferencia mínima entre la solución algorítmica y analítica, ambas con cinco estaciones, con eficiencias la primera de 95,16% y 94,78% la segunda, lo que arroja una diferencia de 0,379% que puede considerarse despreciable, ya que en términos de tiempo 520 min por turno (tiempo por turno referenciado por Servin, 2004), equivalen a 1,97144 minutos por turno. Sin embargo, de nuevo se debe precisar que esta diferencia surge como producto del procedimiento propio del algoritmo, dado que Kilbridge y Wester proponen expresar el tiempo de ciclo como un número primo aproximando en caso de valores decimales a un número entero, que lo mencionan como una condición necesaria pero no suficiente, que permite determinar el número de estaciones, *a priori*, ajustando a través de los pasos del algoritmo los tiempos asignados a cada estación de trabajo. Por ejemplo, para este caso de estudio el tiempo de ciclo se asigna con un límite inferior t_j de 1,88 min que se aproxima a 2 min y un límite superior igual a la $\sum_{j=1}^n t_j$ que para este caso es de 9,516 min y que se aproxima al entero 10 min. Como se observa en el procedimiento, entre las alternativas posibles de tiempo de ciclo, se seleccionan 2 min de tal manera que al entero $K = \sum t_j / C = 5$ estaciones, le serán asignadas operaciones cuya sumatoria de tiempo sea igual a 2 min máximo en este número de estaciones de trabajo calculadas. Lo que se puede observar es que en la estación de trabajo 4 el algoritmo asigna operaciones equivalentes a 2,008 min, ligeramente superior al tope máximo de 2 min, debido a que no encuentra un arreglo de operaciones que permite distribuir este tiempo exactamente igual máximo a 2 min sin la necesidad de abrir otra estación de trabajo. Lo anterior muestra que, aunque el tiempo es despreciable, el procedimiento

heurístico no arroja una solución exacta. También se hace evidente que el número de estaciones mejora de manera sustancial el desempeño de las eficiencias, como se puede observar al correr la solución analítica para el SALBP-2 con datos de entrada de seis y cinco estaciones, respectivamente; lo que permite, en el segundo caso, obtener un tiempo de ciclo mayor que impacta de forma sustancial la eficiencia, como se presenta la tabla 21.

Tabla 21. Comparación eficiencias obtenidas por el método analítico SALBP-2 para seis y cinco estaciones de trabajo

SALBP-2 ANALÍTICO	Eficiencia (%)	SALBP-2 ANALÍTICO	Eficiencia (%)
1,76	93,62	1,76	87,65
0,844	44,89	1,954	97,31
1,88	100,00	1,81	90,14
1,716	91,28	2,008	100,00
1,836	97,66	1,984	98,80
1,48	78,72		
Tiempo de ciclo (min.)	1,88	Tiempo de ciclo (min.)	2,008
Eficiencias	84,36%		94,78%

El tiempo óptimo con el método analítico para el caso con seis estaciones es de 1,88 min y de 2,008 min para el caso de cinco estaciones que, para el modelo heurístico es de 2 min, se trata de una solución aproximada, aunque bastante eficiente.

Modelo matemático para SALBP-I

Antes de mostrar los resultados de la formulación multiobjetivo propuesta para abordar este problema, es conveniente retomar los aspectos característicos de este problema. Por tratarse de un SALBP-F, se encuentran dos objetivos contrapuestos; es decir, por una parte, se tiene la necesidad de obtener un número óptimo de estaciones de trabajo y, por otra, un número óptimo de tiempo de ciclo.

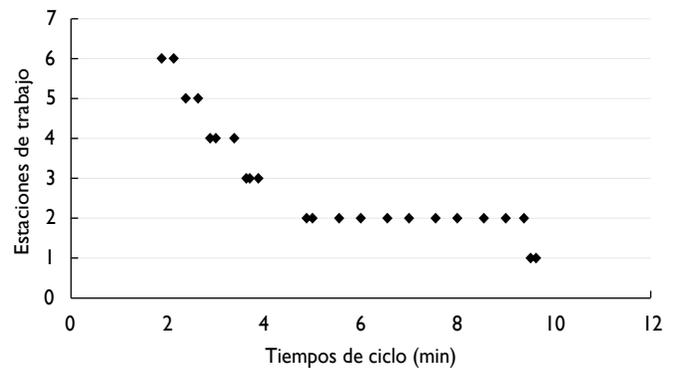
Se hacen algunas pruebas con diferentes datos partiendo de los siguientes supuestos:

- Los datos de estaciones de trabajo son discretos, es decir, se trata de números enteros.
- Los tiempos asignados a las operaciones son continuos con un mínimo de tiempo de ciclo factible de 1,88 min y un tiempo máximo de 9,516 min, que corresponde a la sumatoria de tiempos de las diferentes operaciones.

A partir de estos supuestos se generan datos crecientes del tiempo en el rango de los tiempos mínimos y

máximos de la operación, para ver el comportamiento del número de estaciones obtenidas para el problema SALBP-I. La figura 6 muestra los resultados, que permiten ver gráficamente cómo para datos asociados a diferentes tiempos de ciclo, el número de estaciones de trabajo no aumenta, dado que todas las operaciones pueden desarrollarse con holgura con las estaciones definidas.

Figura 6. Representación gráfica de las estaciones de trabajo para diferentes tiempos de ciclo en el SALBP-I.



De la misma forma, al calcular las eficiencias para estos puntos, se observa que la mejor se obtiene en el rango de tiempo de ciclo explorado de (3,63 - 3,88) min, con una eficiencia de 87,38% para cuatro estaciones de trabajo. Sin embargo, para el caso de estudio se trabaja con un tiempo de ciclo de 1,88 min que genera una eficiencia de 84,36% (véase tabla 22), lo que arroja un número de estaciones $m = 6$, como la mejor solución para este tiempo de ciclo.

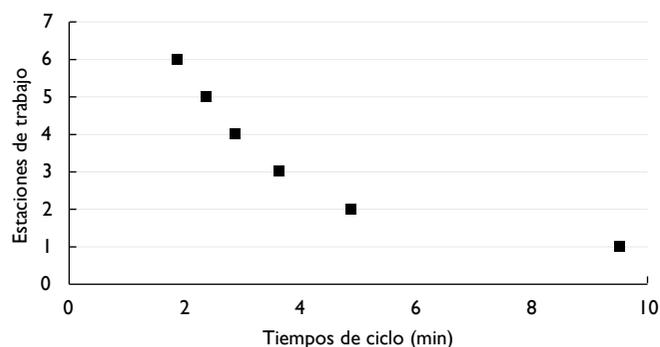
Tabla 22. Rango de eficiencias para rango de estaciones obtenidas para SALBP-I COMSOAL.

Intervalo de eficiencias para intervalo de tiempos de ciclo obtenidos para número de estaciones con SALBP-I COMSOAL		
Estaciones óptimas	Rango de tiempos de ciclo (min.)	Rango de eficiencia por cada rango de tiempos de ciclo (%)
6	(1,88 - 2,13)	(84,36 - 74,46)
5	(2,38 - 2,63)	(79,97 - 72,37)
4	(2,88 - 3,38)	(82,60 - 70,38)
3	(3,63 - 3,88)	(87,38 - 87,38)
2	(4,88 - 9,38)	(97,50 - 50,72)
1	(9,516 - 9,63)	(100,00 - 101,2)

Desde la perspectiva de la frontera de Pareto, se trata de obtener aquellos datos que son factibles para la relación tiempos de ciclo y estaciones de trabajo viables.

Al graficar los datos obtenidos de tiempos de ciclo para un número de estaciones discretas conocido, se puede observar en la figura 7 una frontera que corresponde a las estaciones exactas, que precisamente por tratarse de datos discretos, corresponde a una sola solución, de acuerdo con el número de estaciones que se corra en el modelo.

Figura 7. Representación gráfica de los tiempos de ciclo para un número de estaciones dado SALBP-2. Fuente: los autores.



SALBP-F debe arrojar una solución que corresponda a los datos que coincidan para las diferentes soluciones SALBP-1 y SALBP-2, y se deben convertir en la frontera de Pareto.

Haciendo las diferentes corridas con el AMPL para el SALBP-1 con objeto de obtener las soluciones de estaciones de trabajo óptimas asignándoles tiempos de ciclo en el rango de tiempo de 1,88 min y 10 min, que corresponden a los extremos del tiempo para la elaboración de las operaciones de la prenda de vestir, se obtienen los datos presentados en la tabla 23.

Como se observa en los datos, existen rangos de tiempo donde las estaciones óptimas se mantienen, aunque el tiempo de ciclo cambie. La figura 8 permite apreciar esta situación.

Efectivamente, el comportamiento de las soluciones es de la forma esperada, cuando se trata de obtener soluciones de estaciones de trabajo para diferentes tiempos de ciclo. Como se observa en la tabla 24, el rango de eficiencias logra valores más cercanos entre ellos (los extremos del rango son menos distantes), en el rango de tiempos de ciclo (2,88 - 3,20) min con cuatro estaciones de trabajo. Sin embargo, para el tiempo de ciclo seleccionado de 1,88 min el número óptimo de estaciones es $m = 6$.

A partir de este análisis se espera determinar con el método analítico las soluciones que sean coincidentes para cada uno de los objetivos planteados en el SALBP-1 y

SALBP-2, con el propósito de encontrar el conjunto de parejas de tiempo de ciclo (c) y estaciones (m), que puedan ser de uso por el tomador de decisiones, que sería el resultado esperado para el SALBP-F.

Tabla 23. Datos obtenidos por el método analítico SALBP-1 para diferentes tiempos de ciclo dados

Corrida SALBP-1 ANALÍTICO para diversos tiempos de ciclo	
Tiempo de ciclo asignado (min.)	Estaciones óptimas
1,88	6
2	6
2,034	5
2,314	5
2,604	5
2,88	4
2,98	4
3,2	4
3,8	3
4,484	3
4,824	2
5,524	2
6,2	2
6,832	2
7,532	2
8,036	2
8,336	2
9,516	1
10	1

Figura 8. Representación gráfica del número de estaciones con tiempos de ciclo dado SALBP-1 obtenidos por el método analítico

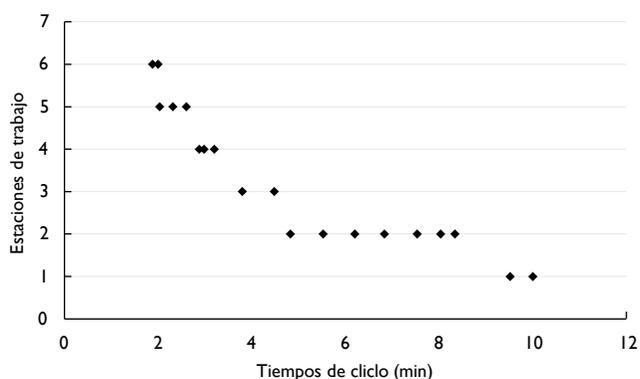


Tabla 24. Rango de eficiencias para rango de estaciones obtenidas para SALBP-I. Método analítico

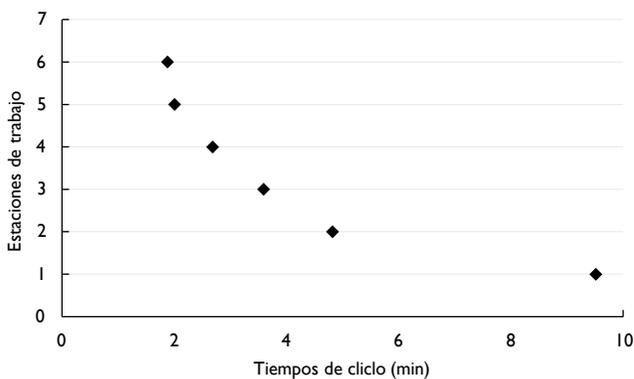
Intervalo de eficiencias para intervalo de tiempos de ciclo obtenidos para número de estaciones óptimo SALBP-I ANALÍTICO		
Estaciones óptimas	Rango de tiempos de ciclo (min.)	Rango de eficiencia por rango de tiempos de ciclo (%)
6	(1,88 - 2,0)	(84,36 - 79,30)
5	(2,034 - 2,604)	(83,34 - 73,09)
4	(2,88 - 3,20)	(82,6 - 74,34)
3	(3,8 - 4,484)	(83,47 - 70,74)
2	(4,82 - 8,34)	(98,63 - 57,08)
1	(9,516 - 10)	(100 - 95,16)

A continuación, y en el mismo caso que los otros modelos, se utiliza el solver CBC de NEOS para encontrar las soluciones, donde se obtienen los resultados que se presentan en la figura 9 y que corresponden a soluciones factibles de tiempos de ciclo y estaciones de trabajo para el SALBP-I y SALBP-2. Además, se calcula la eficiencia de cada combinación, con el fin de utilizar dicha información como el posible criterio de elección de la mejor combinación a criterio del tomador de decisiones.

Tabla 25. Asignación obtenida mediante SALBP-F

Tiempos de ciclo (min.)	Estaciones de trabajo	Eficiencia (%)
9,516	1	100,00
4,824	2	98,63
3,596	3	88,21
2,684	4	88,64
2,008	5	94,78
1,88	6	84,36

Figura 9. Asignación obtenida mediante SALBP-F



Tal como lo mencionan Baesler et al. (2008), el tomador de la decisión deberá evaluar la conveniencia de usar

una u otra alternativa, con base, incluso, en las eficiencias obtenidas. Evidentemente, la solución con la eficiencia mayor es el número de estaciones de 1, que corresponde a una solución trivial. Para efectos del análisis con los datos obtenidos para el SALBP-I y el SALBP-2 tratados como problemas independientes, se puede observar con los datos obtenidos que la mejor eficiencia se consigue con la solución de cinco estaciones con un valor de 94,78% y un tiempo de ciclo óptimo de 2,008 min.

Al comparar las soluciones obtenidas de las parejas (c, m), factibles para atender los dos objetivos (9,516;1), (4,824;2), (3,596;3), (2,684;4), (2,008;5), (1,88;6) (véase tabla 25) y comparándolo con la solución óptima del SALBP-I analítico y SALBP-2 analítico que es (1,88;6), se observa que este punto es una solución contenida dentro de las factibles arrojadas por el modelo SALBP-F; pero no sería la más eficiente para el conjunto de las dos funciones objetivo en función a la eficiencia. La que propone mejor desempeño sería la combinación (2,008;5), que además se acerca mucho al resultado propuesto por el método Kilbridge y Wester, con las consideraciones que se discutieron en el aparte correspondiente.

Comparación de resultados obtenidos frente a la solución presentada en Servin (2004)

A continuación, se comparan los resultados obtenidos por Servin (2004) con los arrojados en este trabajo, y se aclara que la solución del autor referenciado está en función a la asignación de personal a sus estaciones de trabajo. Para hacer el análisis comparativo, se llevarán las conclusiones obtenidas a la asignación de personal, utilizando los mismos criterios del autor en cuanto al tiempo disponible por turno de 520 min (Servin, 2004) y las piezas a producir por turno de 1.000 unidades.

Para efectos de hacer el análisis comparativo, se presenta a continuación, en las tablas 26A y 26B, la solución mostrada en el caso de Servin (2004), en número de personas asignadas, con respecto a la asignación que se haría para cada una de las soluciones obtenidas en este trabajo con el uso de las herramientas algorítmicas y analíticas.

Para ilustrar lo mencionado, la primera columna muestra el personal asignado por estación de trabajo y en la siguiente se calcula el desperdicio de tiempo que se plantea con esta asignación, comparando la asignación neta

respecto al número entero siguiente que correspondería a las personas físicamente que se asignarían en la realidad.

Es evidente que este análisis no es exactamente el que operaría en la vida real, pues allí se involucrarían análisis subjetivos, de complementariedad de tiempos de operación y demás; pero se considera válido en términos de análisis comparativo de datos netos obtenidos, toda vez que la asignación de tiempos complementarios sería objeto de otro problema.

Como se puede observar, la presentación se hace para los resultados de la solución planteada en Servin (2004) y para cada una de las soluciones propuestas por los métodos COMSOAL, Kilbridge y Wester, SALBP-1 analítico, SALBP-2 analítico para seis y cinco estaciones, asignando el número de personas con la misma metodología de Servin (2004).

El número de personas se calcula, multiplicando el tiempo en minutos asignado para cada estación de trabajo por la producción de 1.000 unidades por turno, y dividiendo por el tiempo de trabajo por turno de 520 min.

Tabla 26A. Comparativo de soluciones obtenidas versus solución propuesta por Servin (2004)

Análisis comparativo de resultados obtenidos versus datos obtenidos por Servin (2004)					
Personas asignadas. Caso	Valor del desperdicio de tiempo personal asignado a cada operación (personas)	Personas asignadas. Caso SALBP-1 COMSOAL	Valor del desperdicio de tiempo personal asignado a cada operación (personas)	Personas asignadas. Caso SALBP-1 AMPL	Valor del desperdicio de tiempo personal asignado a cada operación (personas)
7,70	0,30	3,53	0,47	3,53	0,47
0,92	0,08	3,62	0,38	1,48	0,52
0,65	0,35	3,48	0,52	3,62	0,38
1,35	0,65	2,52	0,48	3,30	0,70
1,88	0,12	2,89	0,11	3,53	0,47
4,45	0,55	2,27	0,73	2,85	0,15
1,35	0,65				
Desperdicio de tiempo en min.	2,70		2,70		2,70
18,30 personas		18,30 personas		18,30 personas	
Personal asignado					

Tabla 26B. Comparativo de soluciones obtenidas versus solución propuesta por Servin (2004)

Análisis comparativo de resultados obtenidos versus datos obtenidos por Servin (2004)					
Personas asignadas. SALBP-2 KILBRIDGE y WESTER	Valor del desperdicio de personal asignado a cada operación (personas)	Personas asignadas. SALBP-2 AMPL con M = 6	Valor del desperdicio de personal asignado a cada operación (personas)	Personas asignadas. SALBP-2 AMPL con M = 5	Valor del desperdicio de personal asignado a cada operación (personas)
3,53	0,47	3,38	0,62	3,38	0,62
3,62	0,38	1,62	0,38	3,76	0,24
3,48	0,52	3,62	0,38	3,48	0,52
3,86	0,14	3,30	0,70	3,86	0,14
3,82	0,18	3,53	0,47	3,82	0,18
		2,85	0,15		
	1,70		2,70		1,70
18,30 personas		18,30 personas		18,30 personas	
Personal asignado					

De acuerdo con los datos obtenidos con este análisis comparativo, se puede observar que los tiempos perdidos en las opciones presentadas por la solución original, la obtenida con el uso de COMSOAL para el SALBP-1 y para la solución analítica con número de estaciones $m = 6$, reportan una sobreasignación de 2,7 personas, por lo que se podría plantear que estas soluciones son equivalente. Sin embargo, al observar los resultados dados por el algoritmo Kilbridge y Wester para el SALBP-2 y el método analítico SALBP-2 con un número de estaciones $m = 5$, la sobreasignación de personal es de 1,7 personas, lo que sugiere que estas son las mejores alternativas de solución.

En términos del SALBP-F, existe una coincidencia con el análisis hecho en el aparte respectivo, pues la solución más conveniente a partir de la mejor eficiencia obtenida para la solución tiempo de ciclo y número de estaciones (c, m) dentro de las soluciones factibles, igual a $(5; 2,008)$, corresponde a la mejor asignación de personal, de acuerdo con lo analizado arriba.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que las soluciones óptimas no necesariamente ofrecen soluciones más eficientes en el desempeño de la línea, cuando los problemas son tratados de manera independiente como SALBP-1 y SALBP-2. En el primer caso, si los tiempos de tareas son cercanos o se pueden agrupar en valores muy cercanos al tiempo de ciclo óptimo, como en el caso del heurístico Kilbridge y Wester, es posible obtener soluciones en número de estaciones óptimas a pesar de que el tiempo de ciclo no sea necesariamente el óptimo. En el segundo caso, si el tiempo de ciclo llegase a ser cercano al óptimo, puede suceder que el número de estaciones se reduzca, lo que produce una mayor eficiencia de la línea en términos de tiempos ociosos. En tal sentido, el tiempo de ciclo óptimo no estaría garantizando necesariamente una mejor eficiencia de la línea de producción en conjunto. Sin embargo, se corre el riesgo de que en la práctica se presenten limitaciones en la fluidez de las operaciones, pues finalmente no se trabaja con los óptimos.

La determinación del mejor número de estaciones de trabajo a partir de un tiempo de ciclo conocido, se trató como un problema SALBP-1, con los algoritmos COMSOAL y el método analítico. Lo observado con estas soluciones es que su resultado usando el mismo tiempo de ciclo

$c = 1,88$ para ambos métodos, arroja el mismo número de estaciones $m = 6$, e incluso con eficiencias globales iguales de 84,36% para cada uno de los métodos. Esto sugiere que el método heurístico es muy eficiente, para instancias como esta, si el dato de entrada del tiempo de ciclo es el mismo. Además, se observa que a pesar de que los resultados en estaciones de trabajo y eficiencia global son iguales, las rutas de ensamble son distintas, característica que es necesario considerar como parte de la caracterización de cualquier problema de balanceo de líneas.

Con base en los resultados reportados en este trabajo, tratando el problema como un SALBP-2, para identificar el mejor tiempo de ciclo de acuerdo con un número de estaciones dadas, se pudo evidenciar que el algoritmo de Kilbridge y Wester, obtuvo una muy buena solución en términos de eficiencia, al igual que el método analítico, con soluciones muy similares. En esta solución se resalta que el método heurístico propuso un resultado basado en un tiempo de ciclo igual a un número entero de 2 min, que no se ajustaba exactamente a un tiempo de ciclo asociado a una operación o a un conjunto de tiempos de operaciones; situación que, con el método analítico, se evidenció como una solución exacta, asignando un tiempo de ciclo de 2,008 min que se ajustaba perfectamente a los datos de tiempos disponibles. Esto deja claro que el método analítico arroja óptimos resultados; que el algoritmo usado en este caso, no lo consigue a pesar de que la solución en número de estaciones sea la misma.

Durante el proceso de investigación se muestra que se han realizado avances importante en algoritmos para resolver el tipo de problemas SALBP, además de tratarse de un problema de optimización NP-hard, se encuentran algunos procedimientos exactos y heurísticos ya desarrollados para resolver este tipo de problemas en un tamaño sencillo, aunque para instancias de mayor tamaño falta desarrollar métodos eficaces.

Para la función bi-objetivo planteada para el SALBP-F se utilizó como enfoque de solución la optimalidad de Pareto. Esta es una herramienta muy útil para efectos de identificar los valores de frontera o que dominan en el objetivo de optimización (minimización en este caso) a otras alternativas posibles de solución. Sin embargo, en este caso, el método se simplifica, pues una de las variables de las posibles parejas de solución [estaciones de trabajo (m), tiempo de ciclo (c)] es discreta, lo que define en todo caso un único valor óptimo en tiempo de ciclo para

el número de estaciones definidas (variable discreta). La solución, entonces, en el escenario práctico, estará definida por la decisión del analista en consideración a la utilidad que valide, de cada una de ellas.

Finalmente, debe decirse que existen múltiples configuraciones de líneas, que efectivamente deben ser estudiadas, con el propósito de ofrecer soluciones óptimas. Sin embargo, el aporte de este trabajo plantea la formulación de una solución analítica para el SALBP-F, que podría eventualmente usarse para problemas con un grado de complejidad mayor al caso estudiado en este documento para validar el modelo. Además, al validar los resultados obtenidos, se pudo establecer que para el SALBP-2 y el SALBP-F, la mejor solución en exactitud y asignación de recursos de personas a las estaciones de trabajo, se logró con mayor eficiencia a través de los métodos analíticos con un número de personas sobrantes de 1,7 frente a 2,7 en promedio resultantes de la sobreasignación de personal, incluso en la solución planteada para este problema en Servin (2004).

Referencias

- Akpinar, Ş., & Baykasoglu, A. (2014). Modeling and solving mixed-model assembly line balancing problem with setups. Part I: A mixed integer linear programming model. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(1), 177-187.
- Alavidoost, M. H., Zarandi, M. F., Tarimoradi, M., & Nemati, Y. (2017). Modified genetic algorithm for simple straight and U-shaped assembly line balancing with fuzzy processing times. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 28(2), 313-336.
- Arcus, L. (1966). Comsol a computer method of sequencing operations for assembly lines; *International Journal of Production research*; jun 66, vol. 4 Issue 4, p. 259. ISSN 00207543. Disponible en: ehis.ebscohost.com.
- Baesler, F., Moraga, R., & Cornejo, O. (2008). Introducción de elementos de memoria en el método simulated annealing para resolver problemas de programación multiobjetivo de máquinas paralelas. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 16(3), 428-437.
- Bappy, M., Musa, M., & Hossain, M. (2019). Productivity improvement through Line Balancing-A case study in an Apparel Industry. *GSJ*, 7(2).
- Battaia, O., & Dolgui, A. (2013). A taxonomy of line balancing problems and their solution approaches. *International Journal of Production Economics*, 142(2), 259-277.
- Battaia, O., Delorme, X., Dolgui, A., Frédéric, G., & Finel, B. (2015). Flow line balancing problem: A survey. In *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)* (pp. 1065-1071). IEEE.
- Baykasoğlu, A., Özbakir, L., Görkemli, L., & Görkemli, B. (2012). Multi-colony ant algorithm for parallel assembly line balancing with fuzzy parameters. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 23(6), 283-295.
- Baybars, I. (1986). A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem. *Management Science*, 32(8), 909-932.
- Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal Of Operational Research*, 168(3), 694-715.
- Cabrera, J., & González, A. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante programación por metas. *INGE CUC*, 15(1), 109-122.
- Capacho, L., & Pastor, R. (2004). *Generación de secuencias de montaje y equilibrado de líneas. Reporte de investigación externo*. Doctorado Automatización Avanzada y Robótica. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Chen, R. S., Chen, Y. C., Yeh, J. H., Hu, Y. X., Xiong, N., & Lee, C. P. (2019). Using intelligent algorithms to construct a wafer foundry system in manufacturing industry. In *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Information System and Data Mining* (pp. 1-5). ACM.
- Chutima, P., & Prasert, K. (2018). Solving a multi-manned assembly line balancing problem in a Pareto sense. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 8(4), 490-515.
- Chutima, P., & Yothaboriban, N. (2017). Multi-objective mixed-model parallel assembly line balancing with a fuzzy adaptive biogeography-based algorithm. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 26(1), 90-132.
- Corominas, A., García, A., & Pastor, R. (2016). Improving the resolution of the simple assembly line balancing problem type E. SORT. *Statistics and Operations Research Transactions*, 40(2), 227-242.
- Cubides, J. F. H., García, P. A. G., Marín, C. E. M., Caracas, E. A., & López, D. F. M. (2018). Uso de lógica difusa como estrategia para evaluar la confianza y accesibilidad de los DataSet publicados en SPARQL Endpoints. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 15(1), 231-255.

- Dar-El, E. (1975). Solving large single-model assembly line balancing problems – A comparative study. *AIIE Trans*, 7, 302-310.
- Díaz, J. L. (2017). *Balanceo cargas laborales procesos dirección de canje empresa Multibanca Colpatría del Grupo Scotiabank S.A.*
- Fucci, T.A. (2014). Líneas de montaje-balanceo: ¿solución inteligente o generación de problemas? *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*, 6, 71-90.
- Galofre-Vásquez, M., Mejía-Ávila, H., & Acuña-Molina, N. (2012). *Balanceo de un plan de estudios mediante la aplicación del algoritmo COMSOAL.*
- Gansterer, M., & Hartl, R. F. (2018). One-and two-sided assembly line balancing problems with real-world constraints. *International Journal of Production Research*, 56(8), 3025-3042.
- González, P. H., Simonetti, L., Michelon, P., Martinhon, C., & Santos, E. (2016). A variable fixing heuristic with Local Branching for the fixed charge uncapacitated network design problem with user-optimal flow. *Computers & Operations Research*, 76, 134-146.
- Gurevsky, E., Battaia, O., & Dolgui, A. (2012). Balancing of simple assembly lines under variations of task processing times. *Annals of Operations Research*, 201(1), 265-286.
- Hamzadayi, A., & Yildiz, G. (2012). A genetic algorithm based approach for simultaneously balancing and sequencing of mixed-model U-lines with parallel workstations and zoning constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1), 206-215.
- Hernández, P. (2019). *Nacionalidad, ¿derecho exclusivo de la persona humana o atribuible a una inteligencia artificial?* Puebla: Universidad Iberoamericana de Puebla.
- Huo, J., Wang, Z., Chan, F.T., Lee, C. K., & Strandhagen, J. O. (2018). Assembly line balancing based on beam ant colony optimisation. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018.
- Jackson, J. (1956). A computing procedure for a line balancing problem. *Management Science*, 2, 261-271.
- Johnson, R.V. (1973). *Branch and bound algorithms for assembly line balancing and job-shop scheduling* (Ph.D., tesis sin publicar). Los Ángeles: Universidad de California.
- Jusop, M., & Ab Rashid, M. F. F. (2015). A review on simple assembly line balancing type-e problem. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 100(1).
- Kamarudin, N. H., & Rashid, M. A. (2018). Modelling of simple assembly line balancing problem type I (SALBP-1) with machine and worker constraints. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1049(1).
- Kilbridge, M. D., & Wester L. (1996). *Un método heurístico para el balanceo de línea de montaje. Planeación y control de la producción.* Limusa.
- Kucukkoc, I., Li, Z., Karaoglan, A. D., & Zhang, D. Z. (2018). Balancing of mixed-model two-sided assembly lines with underground workstations: A mathematical model and ant colony optimization algorithm. *International Journal of Production Economics*, 205, 228-243.
- Kuzmin, K. G., & Haritonova, V. R. (2019). Estimating the stability radius of an optimal solution to the simple assembly line balancing problem. *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 13(2), 250-260.
- Lozano, Á. G. G., Miño, G. E., & Mariño, C. J. S. (2018). Optimización del sistema de producción de una planta ensambladora de autos aplicando balance de líneas. *Ojeando la Agenda*, (54), 3.
- Mastor, A. A. (1970). An experimental investigation and comparative evaluation of production line balancing techniques. *Management Science*, 16, 728-746.
- Medina-Chacón, E. R. (2014). *Método heurístico para el balanceo de líneas de ensamble con consideraciones ergonómicas.* Bárbula: Universidad de Carabobo.
- Meneses, J. M. B. (2014). Heurística de enfoque bidireccional para la solución de problemas de equilibrado de líneas de ensamble. *Revista de Ingeniería*, (41), 22-29.
- Nourmohammadi, A., Fathi, M., & Ng, A. H. (2019). Choosing efficient meta-heuristics to solve the assembly line balancing problem: A landscape analysis approach. *Procedia CIRP*, 81, 1248-1253.
- Orozco, D. L. P., García, Á. M. N., & Grisales, R. A. R. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia et Technica*, 21(3), 239-247.
- Otto, A., Otto, C., & Scholl, A. (2013). Systematic data generation and test design for solution algorithms on the example of SALBPGen for assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 228(1), 33-45.
- Ozbakir, L., Baykasoglu, A., Gorkemli, B., & Gorkemli, L. (2011). Multiple-colony ant algorithm for parallel assembly line balancing problem. *Applied Soft Computing*, 11(3), 3186-3198.
- Pascual-García, I. (2015). *Metodologías de resolución para el problema simple de equilibrado de líneas de montaje.* Sevilla: Universidad de Sevilla.

- Peltokorpi, J., Tokola, H., & Niemi, E. (2012). Comparison of balancing policies in multi-item assembly. In *International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing* (pp. 10-13). Helsinki, Finland, June.
- Pereira, J., & Álvarez, E. (2018). An exact approach for the robust assembly line balancing problem. *Omega*, 78, 85-98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2017.08.020>
- Pinto, P.A., Dannenbring, D. G., & Khumawala B. M. (1975). A branch and bound algorithm for assembly line balancing with paralleling. *Internat. J. Production Res.*, 13, 183-196.
- Pinto, P.A., Dannenbring, D. G., & Khumawala B. M. (1983). Assembly line balancing with processing alternatives: An application. *Management Science*, 29(7), 817-830.
- Pitakaso, R., & Sethanan, K. (2016). Modified differential evolution algorithm for simple assembly line balancing with a limit on the number of machine types. *Engineering Optimization*, 48(2), 253-271.
- Polat, O., Mutlu, Ö., & Özgormus, E. (2018). A mathematical model for assembly line balancing problem type 2 under ergonomic workload constraint. *The Ergonomics Open Journal*, 11(1).
- Rekiek et al. (2002). State of art of optimization methods for assembly line design. *Annual Reviews in Control*, 26(2), 163-174.
- Restrepo, J., Medina, P., & Cruz, E. (2006). Una heurística de balanceo de línea de producción aplicada a una malla curricular. *Scientia et Technica. Año XII, 30, (1)*, 267-272.
- Restrepo, J., Medina, P., & Cruz, E. (2008). Problemas de balanceo de línea SALBP-1 y SALBP-2: un caso de estudio. *Scientia et Technica*, 3(40), 105-110.
- Salama, S., Abdelhalim, A., & Eltawil, A. B. (2017). Mathematical modeling approaches to solve the line balancing problem (pp. 401-408). In *ICORES*.
- Salazar, S. P., & Santa, M. (2013). *Aplicación de métodos heurísticos en la resolución de problemas de balanceo de líneas con estaciones en paralelo* (disertación doctoral). Universidad Tecnológica de Pereira: Facultad de Ingeniería Industrial.
- Sánchez, F. J. (2017). *Análisis, diseño e implementación de un sistema de equilibrado en un entorno PLM*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Scholl, A. (1999). *Balancing and sequencing of assembly lines* (2ª ed.). Physica, Heidelberg.
- Scholl, A., & Klein, R. (1997). A bidirectional branch and bound procedure for assembly line balancing. *INFORMS Journal on Computing*, 9, 319-334.
- Servin, D. (2004). *Equilibrado de líneas de ensamble en la industria del vestido: un enfoque mediante algoritmos genéticos híbridos* (tesis de grado). México: Escuela Superior de Ingeniería Textil.
- Sungur, B., & Yavuz, Y. (2015). Assembly line balancing with hierarchical worker assignment. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 290-298.
- Vidondo, M. (2019). Resolución del problema de equilibrado de líneas de montaje con más de un operario en cada estación (master's thesis). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Wee, T. S., & Magazine, M. J. (1981a). An efficient branch and bound algorithm for assembly line balancing-Part 1: Minimize the number of work stations. *Working Paper 150*, Universidad de Waterloo, Waterloo, ONT.
- Wee, T. S., & Magazine, M. J. (1981b). An efficient branch and bound algorithm for assembly line balancing-Part 2: Maximize the production rate. *Working Paper 151*, Universidad de Waterloo, Waterloo, ONT.
- Yolmeh, A., & Kianfar, F. (2012). An efficient hybrid genetic algorithm to solve assembly line balancing problem with sequence-dependent setup times. *Computers & Industrial Engineering*, 62(4), 936-945.
- Zaman, M., Imtiaz, M., & Motaleb, M. (2018). *Study on SMV and line balancing of garments* (doctoral dissertation). Daffodil International University.
- Zuluaga-Ramírez, C. M., & Gómez-Suta, M. D. P. (2016). Methodology of hands on activities for the teaching of the deterministic dynamic programming in a university context. *Entramado*, 12(1), 236-249.

III. Artículos de revisión

Artículo de revisión

Problemáticas en la contratación pública de mínima cuantía dentro de las entidades públicas con bajo presupuesto. Resultados de entrevistas aplicadas

Problems related to minimum purchase quantity contracts within public entities with low budgets. Results of applied interviews

Problemas na contratação pública de valor mínimo dentro das entidades públicas com baixo orçamento. Resultados das entrevistas aplicadas

Luisa Fernanda Guzmán Hernández*

Terminal de Transportes de Manizales, Manizales, Colombia

- **Fecha de recepción:** 2019-04-17
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-10-05
- **Fecha de aprobación:** 2019-10-15
<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.870>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Guzmán Hernández L. F. (2019). Problemáticas en la contratación pública de mínima cuantía dentro de las entidades públicas con bajo presupuesto. Resultados de entrevistas aplicadas. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 198-211. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i2.870>

RESUMEN

Con el Sistema de Contratación Pública el Estado busca la satisfacción de las necesidades comunes, para darle protección a los intereses generales de la población y darle efectividad a la adecuada prestación de los servicios públicos; teniendo en cuenta el propósito, es necesario identificar las dificultades que se presentan dentro de su ejecución. El presente artículo, derivado de un análisis empírico y la aplicación de entrevistas dentro del proyecto de investigación titulado “Análisis de las problemáticas surgidas en la aplicación de la modalidad de contratación de mínima cuantía desde la perspectiva del Principio de Economía consagrado por la Ley 80 de 1993”, expone las problemáticas identificadas por los responsables de la contratación de las entidades públicas municipales de Manizales, cuyo presupuesto anual es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes, en el ejercicio de la mínima cuantía desde la perspectiva del Principio de Economía entre el 2017 y 2018. Con la aplicación del instrumento, se establece que la mínima cuantía es una modalidad de contratación ágil, si se compara con las demás modalidades de contratación, y si bien con ella pueden suplirse las necesidades de las entidades, las mismas también se encuentran frente a problemáticas que afectan el Principio de Economía.

Palabras clave: administración pública, administración local, empresa pública, contratos, economía



* Autor para correspondencia. Correo electrónico: luisa-238@hotmail.com

SUMMARY

Under the Public Contracting System, the State seeks to satisfy common needs in order to protect the general interests of the population and make the adequate provision of public services effective. This article, derived from an empirical analysis and the application of interviews as part of the research project entitled "Análisis de las problemáticas surgidas en la aplicación de la modalidad de contratación de mínima cuantía desde la perspectiva del Principio de Economía consagrado por la Ley 80 de 1993", exposes the problems identified by those responsible for contracting at the municipal public entities in Manizales, whose annual budget is less than 120,000 legal minimum monthly salaries, in the application of the minimum purchase quantity agreement from the perspective of the Principles of Economics from 2017 to 2018. The application of the instrument establishes that the minimum purchase quantity contract is an agile contracting modality, when compared with the other modalities. However, although it can be used to meet the needs of the entities, the latter also face problems that affect the Principles of Economics.

Keywords: Public administration, local administration, public enterprise, contracts, economy

SUMÁRIO

Com o Sistema de Contratação Públicas, o Estado procura atender as necessidades comuns para proteger os interesses gerais da população e efetivar a prestação adequada de serviços públicos; levando em consideração o objetivo, é necessário identificar as dificuldades que surgem em sua execução. Este artigo, derivado de uma análise empírica e da aplicação de entrevistas no projeto de pesquisa intitulado "Análise dos problemas decorrentes da aplicação da modalidade de contratação de valor mínimo na perspectiva do Princípio de Economia consagrado na Lei 80 de 1993", expõe os problemas identificados pelos responsáveis pela contratação dos órgãos públicos municipais de Manizales, cujo orçamento anual seja inferior a 120.000 salários mínimos mensais, no exercício do valor mínimo desde a perspectiva do Princípio da Economia entre 2017 e 2018. Com a aplicação do instrumento, estabelece-se que o valor mínimo é uma modalidade de contratação ágil, se comparada às demais modalidades de contratação, e embora com ela sejam atendidas as necessidades das entidades, elas também enfrentam problemas que afetam o Princípio da Economia.

Palavras-chave: Administração pública, administração local, empresa pública, contratos, economia

Al establecer un nuevo modelo político, económico, territorial y social como consecuencia del modelo de Estado adoptado "Social de Derecho", el constituyente de 1991 colocó en manos del Congreso de la República la importante labor de emitir el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública (Asamblea Nacional Constituyente, 1991); así se lee taxativamente en el inciso final del artículo 150, para dar cumplimiento a los fines y principios supremos y, en especial, los consagrados en el artículo 209 de la Constitución Política.

En virtud de lo anterior, se emite la Ley 80 de 1993, cuyos gestores en la exposición de motivos resaltaron la modernidad, agilidad y consagración de elementos participativos, con características particulares como el ser una ley con principios que pretenden un ejercicio contractual ágil y

eficiente en el contexto de la transparencia, la economía y la responsabilidad (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Contrario a las apreciaciones que el legislador formula en esta motivación, pueden citarse conceptos jurídicos, como el de la Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, que señalan una realidad no precisamente como la descrita, y que dejan en evidencia un procedimiento endurecido y agotador para la administración:

Tales bondades, explicadas en el acto de su sanción, al poco tiempo de iniciada su vigencia fueron rezagadas por la contundente realidad que entraba en contradicción, por el rígido esquema contractual, con las particulares calidades

económicas de la Administración Pública en diferentes niveles o la especialísima naturaleza de su gestión en otras (Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia).

La Ley 1150 de 2007 (Congreso de la República de Colombia) vino a corregir algunas dificultades que en la práctica presentaba la Ley 80 de 1993 (Congreso de la República de Colombia), además de apostarle a un mayor grado de modernización con la contratación pública electrónica y la inclusión de otras formas de contratación que debían convocarse por licitación pública, tales como la selección abreviada, el concurso de méritos y la contratación directa, modalidades que se complementaron con las Leyes 1450 de 2011 (Congreso de la República de Colombia) y 1474 de 2011 (Congreso de la República de Colombia) que vinieron a incluir la modalidad de “contratación de mínima cuantía”. Todas ellas hoy se encuentran reglamentadas por el Decreto 1082 de 2015 (Departamento Nacional de Planeación).

Según la Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, es importante precisar que todas las entidades del Estado no son iguales, ni cuentan con el mismo presupuesto para la ejecución de sus competencias, y es allí donde emerge el problema objeto de la propuesta de investigación de donde surge el presente artículo.

El procedimiento legal vigente para la contratación de mínima cuantía reglado por la Ley 1150 de 2007 (Congreso de la República de Colombia) con sus respectivas adiciones y modificaciones, además del Decreto 1082 de 2015 (Departamento Nacional de Planeación), puede resultar no solo complejo, sino también de gran tramitología para las entidades públicas del orden municipal con presupuesto inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes. De esta forma, los numerosos requisitos pueden conformar un posible obstáculo para la agilidad de aquellos procesos donde la contratación tiene un valor excesivamente bajo.

En este caso, también debe tenerse en cuenta que las convocatorias públicas con bajas cuantías son de poco atractivo comercial en el mercado, debido a los tributos locales que deben cubrir los contratistas para ejecutar un contrato y, además, la constitución de garantías requeridas, los cuales se terminan incluyendo en el valor del contrato a pagar. Todo ello dificulta el desarrollo eficiente de la función pública que desarrollan estas entidades, lo que contradice el Principio de Economía.

Cuando se presentan dificultades para contratar, las entidades que utilizan la modalidad de contratación de mínima cuantía, se ven forzadas a tomar otras opciones contractuales como adelantar un nuevo proceso para buscar una propuesta que supla la necesidad surgida, en caso de que un primer procedimiento hubiese sido declarado desierto; o, en otros casos, a falta de interesados, puede tejerse una situación hipotética para el propósito de la investigación, consistente en que las entidades establezcan reglas acordes con las costumbres mercantiles locales para buscar el oferente y colocar todas las condiciones que le permitan a este acceder al contrato, lo que estaría convirtiendo el proceso contractual en una contratación directa con disfraz de modalidad de contratación de mínima cuantía.

De conformidad con lo anterior, es claro que el asunto expuesto es, además de pertinente, un asunto relevante en la búsqueda del adecuado desarrollo y desempeño de la gestión pública, incluyendo el cuidado de los recursos de las pequeñas entidades, las que por sus características particulares, requieren un tratamiento especial para su conducción hacia el cumplimiento de los fines del Estado y al progreso de los municipios.

Adicional a ello, debe recordarse que la estructura administrativa del Estado del orden local cuenta con una gran cantidad de entidades públicas municipales sometidas a cumplir la Ley 80 de 1993, cuyo presupuesto anual es inferior a 120.000 smlmv.

La enorme importancia de la contratación pública en Colombia radica en que con ella se atienden las necesidades para el funcionamiento de la administración, además de permitir que se cumplan los postulados constitucionales y la protección del interés general en garantía del artículo 2° de la Constitución Política (Asamblea Nacional Constituyente, 1991); por ello, identificar los problemas que en función del principio de economía contractual representa la contratación de mínima cuantía, principalmente para los responsables dentro de las entidades con pequeños presupuestos, ha sido una de las fases primarias de la investigación.

Así las cosas, el presente artículo tiene como muestra de estudio las entidades públicas municipales de la ciudad de Manizales, Caldas, cuyo presupuesto anual es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes, identificándose las problemáticas para los responsables de la contratación pública en el ejercicio de los procesos

de contratación de mínima cuantía desde la perspectiva del Principio de Economía, durante el 2017 y 2018. El ejercicio investigativo se llevó a cabo por medio de la aplicación de entrevistas semiestructuradas y el análisis empírico de los resultados.

Según el DANE, Colombia posee 1.119 municipios (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005), dentro de los cuales, muchos de ellos junto con sus entidades descentralizadas, cuentan con bajos presupuestos, razón por la cual, las problemáticas que se identifiquen dentro de la muestra escogida, pueden ser de un alcance mayor.

■ La contratación pública en Colombia a partir de la Constitución de 1991

Con la emisión de la Constitución Política de 1991, surgió la gran necesidad de expedir un nuevo Estatuto General de Contratación Pública que se ajustara al nuevo modelo de Estado —Estado Social de Derecho—, que permitiera realizar todos los procedimientos de manera más ágil, económica, transparente y eficaz, con el fin de evitar conductas de corrupción dentro de la Administración Pública, y que además llevase consigo seguridad jurídica en pro del cumplimiento de los fines del Estado, la satisfacción del interés general y el sostenimiento del orden público.

Safar (2009) desarrolla una concepción sobre lo que comprende la contratación pública, de la siguiente manera:

La contratación pública puede definirse como el sistema de ofertas en cadena para la adquisición de todos los bienes, servicios y obras necesarios por parte del Estado cuando actúa con miras a la satisfacción del interés general; es una actividad económica clave para los Estados, puesto que tiene un gran impacto sobre la manera como se gasta el dinero de los contribuyentes; juega un papel estratégico para evitar el mal manejo y el desperdicio de los recursos públicos (p. 5).

En este sentido, era de vital importancia contar con un nuevo Estatuto de Contratación Pública ajustado a la norma suprema y respetuoso de los fines expuestos dentro de la misma. El cumplimiento de dicho deber se consolidó en la expedición de la Ley 80 de 1993 por el Congreso de la República de Colombia.

Dentro de la exposición de motivos, se determinó tener en cuenta los siguientes puntos: permitir adaptarse a las

mecánicas administrativas las cuales son cambiantes, no contener excesos de exigencias y requisitos para dar paso a la eficiencia en la administración, permitir una mayor autonomía de la administración con el fin de cumplir con los mandatos entregados, buscar la defensa de los derechos del contratista y determinar la responsabilidad de funcionarios y del contratista (Matallana, 2015a).

De igual forma, se apartó un ítem denominado “Fracaso de los fines buscados”, en el cual se expusieron de manera resumida las grandes dificultades advertidas por la diversidad de pleitos jurídicos, el señalamiento de mayores costos, la falta de moralidad y pulcritud administrativa y el incumplimiento de los fines estatales, entre otros, con el fin de tener una base para construir un sistema que pudiera superar dichas adversidades (Bendeck, 1993).

Tal y como lo expone Latorre (1995), el actual Estatuto de la Contratación Administrativa es el resultado de un esfuerzo conjunto entre el Gobierno Nacional y el Congreso, con la participación de personas y entidades de distinta índole, desarrollando ese papel conjunto encomendado por la Constituyente de 1991 y estableciendo una nueva concepción para diferentes figuras normativas, entre ellas, la contratación pública.

Este estatuto ha contribuido a la eficiencia en el manejo de recursos públicos, la economía y la moralización, comparado con las disposiciones que anteriormente regulaban la materia. De igual forma, la Carta Suprema de 1991 encomienda a las autoridades una tarea muy especial consistente en el cumplimiento de los fines estatales, especialmente a través de la protección del interés general, convirtiendo así la contratación pública en una figura importante para suplir los requerimientos de la sociedad.

En resumen, actualmente el Sistema de Contratación Pública colombiano es el conjunto de procedimientos enmarcados en la Ley 80 de 1993 como el Estatuto General de la Contratación Pública, emitido por el Congreso de la República en obediencia al mandato supremo del inciso final del artículo 150 de la Constitución Política de 1991, que permite al Estado cumplir los fines constitucionales mediante la contratación de suministros, compraventa de bienes, adquisición de servicios, consultorías, obras, entre otros.

Así las cosas, la contratación pública en Colombia puede definirse como un sistema normativo fundamentado

en los principios de transparencia, economía y responsabilidad (Congreso de la República de Colombia, 1993), que estipula y desarrolla los procedimientos y trámites mediante los cuales el Estado busca la satisfacción de las necesidades surgidas, para así garantizar los fines constitucionales para los cuales fue concebido, dando protección así a los intereses generales de la población y efectivizando, además, la adecuada prestación de servicios públicos.

Ahora bien, la realidad en la aplicación de la Ley 80 de 1993 no fue precisamente la que se esperaba, y por ende, el legislador vio la necesidad de modernizar el sistema buscando volverlo más eficiente y estableciendo algunos cambios con el fin de garantizar transparencia dentro de la selección de los contratistas. En virtud de lo expuesto, se expidió la Ley 1150 de 2007 (Congreso de la República de Colombia), la cual desarrolló el sistema electrónico de contratación e incluyó, además, las siguientes modalidades de selección: selección abreviada, concurso de méritos y contratación directa.

Posteriormente, mediante las Leyes 1450 de 2011 (Congreso de la República de Colombia) y 1474 de 2011 (Congreso de la República de Colombia), se introdujo legítimamente la modalidad de contratación de mínima cuantía, reglamentada por los Decretos 734 de 2012, 1510 de 2013 y actualmente por el Decreto 1082 de 2015.

Las diferentes expediciones reglamentarias emitidas a partir de la expedición de la Ley 80 de 1993, han generado incertidumbre e inseguridad jurídica, pudiéndose considerar como una de las causales de los altos niveles de corrupción. En la actualidad y con la creación de la Agencia Nacional de Contratación Pública —Colombia Compra Eficiente—, se han emitido guías, manuales y circulares mediante las cuales se han aclarado conceptos y se han emitido directrices que han permitido clarificar procedimientos en contratación pública, pudiendo seguir una misma directriz en algunos asuntos en donde la norma no es precisa; no obstante, aún hay procedimientos como el de la modalidad de la mínima cuantía que requieren una regulación más específica de acuerdo con el tipo de entidad.

■ Modalidades de selección y clasificación presupuestal de la Ley 1150 de 2007

La Ley 80 de 1993 determinó la licitación pública como la modalidad de selección general que más tarde sería

complementada con el artículo 2° de la Ley 1150 de 2007, “por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con recursos públicos” (Congreso de la República de Colombia), e incorpora la selección abreviada, el concurso de méritos, la contratación directa y, actualmente, la mínima cuantía.

El literal a) del numeral 2 de este mismo artículo, consagra una categorización presupuestal que, si bien se encuentra dentro de los postulados de la selección abreviada de menor cuantía, ha sido punto de partida para la determinación de las modalidades de contratación de licitación pública, selección abreviada de menor cuantía y mínima cuantía. De conformidad con lo anterior, se encuentra la siguiente tipificación fundamentada de acuerdo con los presupuestos anuales de las entidades públicas expresados en salarios mínimos (Congreso de la República de Colombia, 2007) (véase tabla 1).

Tabla 1. Clasificación presupuestal de la menor cuantía

Presupuesto anual de la entidad	Menor cuantía
Superior o igual a 1.200.000 smlm.	Hasta 1.000 smlm.
Superior o igual a 850.000 smlm e inferiores a 1.200.000 smlm.	Hasta 850 smlm.
Superior o igual a 400.000 smlm e inferior a 850.000 smlm.	Hasta 650 smlm.
Superior o igual a 120.000 smlm e inferior a 400.000 smlm.	Hasta 450 smlm.
Inferior a 120.000 smlm.	Hasta 280 smlm.

Nota. La tabla se hizo de acuerdo con la información que contiene la Ley 1150 de 2007 (Congreso de la República de Colombia, 2007).

Cuando el presupuesto de la contratación exceda los valores expuestos, deberá tramitarse mediante licitación pública. Por otra parte, cuando el presupuesto de la contratación no exceda del 10% de la menor cuantía de la entidad, independiente de su objeto, deberá tramitarse mediante la modalidad de contratación de mínima cuantía.

■ Modalidad de contratación de mínima cuantía

Esta modalidad se instituyó dentro de la legislación colombiana mediante el Decreto 2474 de 2008, atendiendo como único lineamiento de aplicación la cuantía, de acuerdo con la clasificación realizada por el artículo 2° de la Ley 1150 de 2007 en el literal b) del numeral 2 (Rico, 2013).

En principio, esta figura jurídica entró como un salvavidas para la contratación de aquellas necesidades cuyas cuantías

eran bajas y para las cuales, el procedimiento de la menor cuantía se configuraba en un exceso; sin embargo, el procedimiento llevado a cabo para su creación y reglamentación, fue claramente marcado por la ilegalidad, y así fue detectado por el Consejo de Estado frente a las diferentes demandas incoadas, pues mediante decreto el Ejecutivo no podía crear figuras jurídicas suplantando la función del Legislativo; la única solución era que el mismo Congreso expidiese una norma que lo regulara y agregarlo a los procesos de selección ya existentes.

En virtud de lo anterior, este último emitió la Ley 1474 de 2011 “Estatuto Anticorrupción” y en su artículo 94 estableció dicha modalidad, adicionando la Ley 1150 de 2007 (Matallana, 2015), estipulándola como la modalidad cuyo valor no excede el diez por ciento de la menor cuantía de la entidad independiente de su objeto (Congreso de la República de Colombia, 2007).

Para graficar y comprender un poco el proceso de contratación en mención, Matallana (2015) explica el desarrollo de la modalidad de contratación de mínima cuantía, mediante las siguientes etapas:

- Viabilidad técnica:

Es un documento que debe emitirse por la dependencia encargada de lo relacionado con los asuntos de planeación de la entidad cuando se trate de proyectos de inversión de conformidad con el numeral 7 del artículo 25 de la Ley 80 de 1993. En la sustentación de este documento, deben tenerse en cuenta los fines estatales consagrados en el artículo 3° del Estatuto General de Contratación Pública, en donde una de las formas de darle cumplimiento es en la ejecución de proyectos de inversión de acuerdo con los planes de desarrollo, y si corresponde a gastos de funcionamiento tomar las medidas para garantizar la austeridad en el gasto de acuerdo con las leyes pertinentes (p. 820).

- Estudios previos:

Esta es una etapa que debe surtir en todos los procesos de selección; para el caso, la acreditación debe realizarse con base en el artículo 87 de la Ley 1474 de 2011, el cual modificó el numeral 12 del artículo 25 de la Ley 80 de 1993 (p. 821).

- Disponibilidades presupuestales:

Para la iniciación de procesos de selección, el Estatuto General de Contratación Pública señala que deben existir las respectivas disponibilidades presupuestales (p. 821).

- Aceptación de la oferta:

En este tipo de modalidad de contratación no se requiere de la formalidad de contrato estatal, sino que únicamente exige la aceptación de la propuesta del oferente que haya ofrecido el menor precio y haya cumplido con los requerimientos predeterminados. La aceptación debe contener la información suficiente, como objeto, valor, plazo, forma de pago, y garantías en caso de que se hayan exigido (p. 821).

Es importante establecer que la Agencia Nacional de Contratación Pública “Colombia Compra Eficiente” (2013), señala que, para el caso en donde se presente la concurrencia de la contratación de mínima cuantía con otras modalidades de selección, se decidirá acudiendo a los principios enmarcados por la Ley 80 de 1993.

Así las cosas, si por ejemplo se determina la concurrencia de las modalidades de concurso de méritos y mínima cuantía, debe acudirse al Principio de Economía que estipula la selección de contratistas con los procedimientos y etapas estrictamente necesarios que garanticen la selección objetiva y la elección de la propuesta más favorable. En estos términos, considera “Colombia Compra Eficiente” que la selección que debe aplicarse es la mínima cuantía, ya que a través de ella puede tramitarse cualquier tipo de objeto y su procedimiento es más económico.

Cabe resaltar que en esta modalidad es primordial el precio como único factor de selección y, por ende, se traslada la responsabilidad de verificación de la calidad a la entidad estatal, quien no puede olvidar que la mínima cuantía es un proceso con menos formalidades y al cual no se le puede agregar factores de evaluación diferentes al valor.

■ Antecedentes de investigación

Al efectuar un rastreo sobre las diferentes investigaciones y artículos realizados en contratación pública a nivel doctoral y de maestría, se encuentra que no se han hecho estudios relacionados con la presente propuesta de investigación, por lo que puede establecerse que no se cuenta con antecedentes.

No obstante, y con el fin de determinar el análisis constitucional y principalístico sobre el cual se soporta la contratación de mínima cuantía, se dan a conocer los principales aportes encontrados dentro de las investigaciones examinadas.

Con relación a la contratación pública como herramienta para el cumplimiento de los fines del Estado, Gómez (2015) ha precisado:

... la Contratación Estatal es vista como función pública o administrativa activa, la cual se puede definir como “aquella por medio de la cual un órgano busca realizar el derecho y cumplir sus fines y cometidos” (Sentencia C-189 de 1998), en la que el servidor público encargado desarrolla sus funciones de conformidad con los fines del Estado a través de una actividad contractual (p. 8).

Es así como Gómez (2015) resalta el deber de contratar los bienes y servicios conforme a los postulados constitucionales y legales, y, en especial, acorde con los principios que rigen el ejercicio de la Función Pública, teniendo en cuenta que con la misma se satisfacen intereses colectivos.

Luna (2014) ha definido el modelo de contratación estatal determinado con la Ley 80 de 1993 como “... la implementación de principios rectores que se aplican en todas las instancias del proceso contractual, es decir, la etapa precontractual, contractual y de liquidación del contrato” (p. 50), a través del cual se busca garantizar el cumplimiento de los fines del Estado, la continua y eficiente prestación de los servicios públicos y el respeto los derechos de los contratistas.

Es claro que dentro de los principios a aplicarse no solo se encuentran los estipulados expresamente por la Ley 80 de 1993, sino también aquellos que desarrolla la Constitución Política colombiana dentro de su texto supremo y las leyes que se desprenden de la misma que complementan el Estatuto General de Contratación Pública, encontrándonos entre otros, principios como el entregado por la Gestión Fiscal como lo es la “eficiencia”, estrechamente ligado con el Principio de Economía, a través del cual se busca encontrar los mejores costos con idóneas condiciones de calidad, cumpliendo así con los objetivos trazados (Palacios, 2016).

No obstante lo expuesto, y teniendo claro los lineamientos a seguir por parte de los funcionarios en el ejercicio de la contratación pública, también se ha expresado la inconformidad con la inestabilidad en las normas contractuales; es así como Luna (2014) reflexiona sobre el amplio desarrollo normativo que ha tenido esta temática, la que si bien ha sido encaminada a la búsqueda de la eficiencia del sistema, ha generado de igual forma incertidumbre en el cumplimiento de los fines y principios que se predicen e inseguridad jurídica

no solo para los operadores públicos, sino también para los interesados en participar y terceros veedores.

La inseguridad de la que se habla, la toma Gómez (2015) no solo desde la inestabilidad histórica de la normativa contractual y sus improvisaciones al momento de emitir sus directrices, sino también desde los vacíos presentados por el régimen legal que rige el Sistema de Contratación Pública colombiano, en cuya interpretación al momento de ejecutarlo, puede caerse en la emisión de actos ilegales que desemboca en un ambiente de desigualdad y competencia desleal para los que en él participan.

Caso específico ha sido el de la mínima cuantía, la cual ha estado sujeta a diversos cambios y regulaciones desde la búsqueda de su ingreso como modalidad de selección, pudiéndose establecer que ha sido la modalidad de selección con más modificaciones normativas desde la vigencia de la Ley 80 de 1993, siendo incluso retirada del ordenamiento jurídico y reincorporada en diferentes ocasiones dejando lapsos con vacíos normativos (Rengifo, 2015).

■ Metodología propuesta

El proyecto de investigación de donde surge el presente artículo, corresponde a una investigación jurídica que busca describir los elementos normativos con relación a la modalidad de contratación de mínima cuantía, y en donde se busca analizar las problemáticas surgidas para los responsables de la contratación pública en la aplicación de la misma desde la perspectiva del Principio de Economía consagrado por la Ley 80 de 1993 (Congreso de la República de Colombia, 1993), en las entidades públicas del orden municipal de la ciudad de Manizales, cuyo presupuesto anual es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes, durante las vigencias 2017 y 2018. En virtud de lo expuesto, el método idóneo para llevar a cabo la investigación es mixto.

El sentido de la investigación es identificar, clasificar y analizar las problemáticas surgidas para los responsables de la contratación pública en la aplicación de la modalidad de contratación de mínima cuantía, identificando así la eficacia normativa del Principio de Economía consagrado por la Ley 80 de 1993.

El método es de tipo mixto, el cual implica la “recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos” (Hernández, Fernández & Baptista, 2006, p. 546).

En correspondencia con el objetivo general y los objetivos específicos, el tipo de investigación es descriptivo, puesto que se busca describir las problemáticas surgidas para los responsables de la contratación pública en la aplicación de la mínima cuantía desde la perspectiva del Principio de Economía, identificándolos, clasificándolos y estableciendo la eficacia de la normatividad respectiva, llegando así a un análisis que permita detallar si esta modalidad permite alcanzar los fines consagrados en la Constitución Política colombiana.

De esta forma, la investigación se ha orientado en dos fases:

1. Primera fase:

Esta corresponde al tipo de investigación descriptiva, la cual desarrolla los objetivos específicos tendientes a describir desde las experiencias de los responsables de la contratación pública en las entidades públicas del orden municipal de la ciudad de Manizales, cuyo presupuesto anual es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes y la normatividad respectiva, las problemáticas que para los mismos se han surtido y la determinación de la eficacia de las disposiciones regulatorias.

Hernández *et al.* (2006) manifiestan sobre las investigaciones descriptivas:

... Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis... En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta

información sobre cada una de ellas, para así (valga la redundancia) describir lo que se investiga (p. 102).

2. Segunda fase:

Esta fase, en correspondencia con el objetivo general, pertenece a una investigación analítica. Al respecto, Hurtado (2010) define: “La investigación analítica tiene como resultado la emisión de un juicio, una interpretación o una crítica con respecto al evento de estudio. Este juicio se hace con base en un criterio de análisis”.

Dentro del presente artículo, resultado de la aplicación de la metodología mencionada, se hizo un ejercicio investigativo mediante la aplicación de entrevistas semiestructuradas con consentimiento informado por los entrevistados y el análisis empírico de los resultados; teniendo como muestra de estudio las entidades públicas municipales de la ciudad de Manizales, Caldas, cuyo presupuesto anual es inferior a 120.000 smlmv, identificándose las problemáticas para los responsables de la contratación pública en la aplicación de los procesos de contratación de mínima cuantía, desde la perspectiva del Principio de Economía, durante el 2017 y 2018.

De acuerdo con lo anterior, se aplicó la entrevista semiestructurada diseñada a los responsables de la contratación pública dentro de las ocho entidades que se señalan a continuación, cuyo presupuesto anual es inferior a 120.000 smlmv, es decir, \$ 88.526.040.000 para la vigencia del 2017 y \$ 93.749.040.000 para la vigencia del 2018 (véase tabla 2).

La información recolectada se tabuló mediante el análisis de las respuestas otorgadas por los responsables de

Tabla 2. Entidades

Entidad	Presupuesto vigencia 2017	Presupuesto vigencia 2018
Centro de Recepción de Menores de Manizales	\$ 1.823.250.028	\$ 1.898.103.279
Instituto de Cultura y Turismo de Manizales	\$ 11.465.894.179	\$ 13.878.457.000
Terminal de Transportes de Manizales S.A.	\$ 6.838.451.759	\$ 6.676.115.861
Personería de Manizales	\$ 2.457.468.859	\$ 2.585.555.756
Contraloría General del municipio de Manizales	\$ 2.698.703.421	\$ 2.741.130.125
Empresa de Renovación Urbana de Manizales Ltda.	\$ 3.715.834.502	\$ 3.843.230.053
Concejo municipio de Manizales	\$ 3.642.780.164	\$ 3.840.577.478
Instituto de Valorización de Manizales (Invama)	\$ 75.308.766.652	\$ 52.785.423.679

Nota. En el listado anterior no se tuvo en cuenta la Caja de la Vivienda Popular de Manizales, ya que esta se encuentra en liquidación y si bien se planeó la realización de la entrevista a la persona responsable de la contratación pública dentro de la Asociación Cable Aéreo Manizales, dicha entidad no se refleja en el listado anterior, pues después de varios intentos no fue posible efectuarla. Tabla de autoría propia.

la contratación pública entrevistados, y a través de los aspectos comunes encontrados dentro de las preguntas abiertas y de las respuestas de las preguntas cerradas con opción predeterminada.

Resultados obtenidos de la aplicación de las entrevistas

Una vez aplicadas, tabuladas y analizadas las entrevistas, se encuentra en primera instancia que la información adquirida, en lo que se tiene conocimiento, fue emitida por profesionales del derecho que cuentan en su mayoría con una experiencia específica mayor a dos años dentro de la entidad, uno de ellos mayor al año y medio, y en donde el tiempo de vinculación de solo uno de los entrevistados es inferior a un año (véase figura 1).

Lo anterior indica que la información proviene de conocimiento cierto, verídico y confiable.

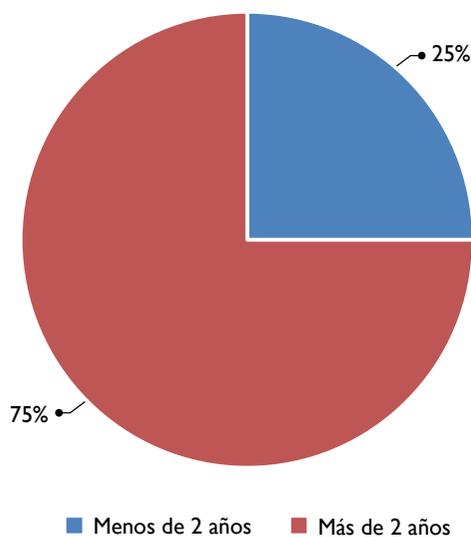


Figura 1. Tiempo de vinculación. Fuente: de autoría propia.

Se pudo denotar que la percepción general de los entrevistados es que la contratación de mínima cuantía es ágil y por medio de ella es posible suplir las necesidades surgidas dentro de cada una de las entidades; pero se anota que en tres de los casos, a pesar de dicha agilidad, no es una modalidad conveniente por las problemáticas que se presentan para la entidad.

Así pues, de acuerdo con el valor determinado dentro de la metodología para medir el nivel de satisfacción con la modalidad de contratación de mínima cuantía para suplir

las necesidades surgidas, se tiene que seis de los entrevistados se encontraron “satisfechos”, uno se encuentra “muy satisfecho”, y otro, “totalmente satisfecho”.

Lo anterior indica que seis de los responsables de la contratación de las entidades objeto de estudio, determinan que la mínima cuantía es una modalidad que permite el cumplimiento de los fines del Estado pero no de manera plena, por lo que es necesario mejorar su estructuración normativa con el fin de convertirla en una modalidad más efectiva.

Ahora bien, el instrumento aplicado permitió establecer cuáles son las problemáticas que afectan el Principio de Economía encontrados por los funcionarios entrevistados, los cuales se medirán de acuerdo con el número de oferentes que determinaron la problemática (véase tabla 3).

Tabla 3. Principales problemáticas

Principales problemas	Número de oferentes que establecen la problemática
Baja calidad	4
Propuesta artificiosa	2
Escasez de proveedores	1
Dificultad en la realización del estudio de mercado	1
Insuficiencia del término de la póliza de garantía	1
No tiene problema	1

Fuente: tabla de autoría propia.

Para mayor ilustración de los resultados, obsérvese la figura 2.



Figura 2. Principales problemáticas.

Conforme a la figura 2, la problemática más común dentro de las entidades públicas del orden municipal, cuyo presupuesto es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes en la aplicación de la modalidad de contratación de mínima cuantía, es la baja calidad de lo que se contrata, lo que atenta directamente el Principio de Economía que predica la Ley 80 de 1993 y que se desprende, incluso, desde la misma Constitución Política.

Aducen los entrevistados que hacen alusión a la problemática de la baja calidad en la mínima cuantía, que al no poder exigirse marcas reconocidas para la ejecución de los diferentes contratos que se tramitan por esta modalidad, implica necesariamente que deben acogerse a la calidad que el oferente esté dispuesto a entregar de acuerdo con el precio ofrecido. Recordemos que en la mínima cuantía el único factor de evaluación es el precio y solo se evalúa la propuesta económica más baja, es allí donde aparecen los precios artificialmente bajos que impactan de manera directa la calidad de la que se habla.

Concuerdan que la modalidad de contratación de mínima cuantía relacionada de forma directa al contrato de suministro de bienes de características técnicas uniformes, ha conllevado que la entidad para la cual laboran deba asumir un mayor costo por la poca durabilidad de los bienes adquiridos o su mala calidad, teniendo que contratar nuevamente y en un tiempo más próximo los mismos bienes.

Ahora bien, el resultado de las entrevistas con relación a la baja calidad se encuentra muy enfocada al suministro de bienes de características técnicas uniformes, como se mencionaba con anterioridad, pero queda una gran incógnita que

deberá ser analizada desde otras perspectivas de acuerdo con la metodología planteada, ¿qué sucede con los demás tipos de contratos? Los primeros incisos de los numerales 5 y 6 de la Ley 1150 de 2007 (Congreso de la República de Colombia) y el inciso primero del artículo 2.2.1.2.1.5.2 del Decreto 1082 de 2015 (Departamento Nacional de Planeación) establecen que por la mínima cuantía se tramita la contratación cuyo valor no exceda el 10% de la menor cuantía de la entidad estatal, independientemente de su objeto; es decir, si en el suministro de bienes se encuentran problemas por baja calidad de los bienes entregados, podría pensarse que igual situación sucede en los contratos de obra, prestación de servicios, consultorías y demás.

Con relación a las demás problemáticas, se evidencia que son casos muy particulares según la naturaleza de la entidad y el objeto que desarrollan.

Como ya se expresó, los entrevistados han manifestado que con relación a las demás modalidades de contratación, la mínima cuantía es ágil; sin embargo, en comparación con las cuantías contratadas como las que requieren las entidades que son objeto de investigación, se ha encontrado pertinente revisar el tiempo de dedicación para el desarrollo de las actividades que comprenden la etapa precontractual de la misma, obteniendo mediante la aplicación del instrumento los siguientes resultados (véase tabla 4).

Total horas de dedicación por proceso de mínima cuantía: 71,9 horas.

Según la tabla 4 y la metodología planteada, las actividades: consulta de mercado, elaboración estudios previos y

Tabla 4. Horas de dedicación mínima cuantía

¿Cuántas horas dedica la entidad a la ejecución de etapa precontractual de un proceso de contratación de mínima cuantía?		
Actividad	Promedio horas de dedicación	Clasificación metodología
Consulta de mercado	24,3	Muy alta dedicación
Elaboración estudios previos	7,5	Muy alta dedicación
Elaboración invitación pública	6	Alta dedicación
Respuesta a observaciones	4,3	Mediana dedicación
Recepción de propuestas apertura de sobres	5,8	Alta dedicación
Evaluación	6	Alta dedicación
Comunicación de aceptación	4,1	Mediana dedicación
Aprobación de documentos, legalización e inicio	13,9	Muy alta dedicación

aprobación de documentos, legalización e inicio, requieren de una muy alta dedicación, pues son procedimientos lentos e ineficientes para un tipo de modalidad diseñada para brindar una máxima agilidad a las entidades dentro de sus pequeñas contrataciones; por lo que, desde este punto de vista y proporción, se ve comprometido el principio de eficiencia que se encuentra contenido dentro del Principio de Economía consagrado por la Ley 80 de 1993.

Por otro lado, la elaboración de la invitación pública, la recepción de propuestas y apertura de sobres y la evaluación, requieren de alta dedicación y aunque si bien es un tiempo menor a las actividades mencionadas anteriormente, siguen siendo procedimientos lentos y poco eficientes.

Se encuentra finalmente que la respuesta a las observaciones a la invitación y la elaboración de la comunicación de aceptación, de las cuales se establece una mediana dedicación, se ve una mayor agilidad pero no la suficiente en la escala de medición metodológica.

Como último punto se pudo determinar la posición de los responsables de la contratación pública entrevistados, frente la plataforma SECOP II, evidenciando:

1. De las ocho entrevistas realizadas, se constató que durante el periodo analizado 2017-2018 solo una de las entidades se encuentra haciendo uso del SECOP II.

Tabla 5. Uso SECOP II

	Sin uso	Con uso
Inscritos	6	1
No se tiene conocimiento de su inscripción	2	0

2. Los responsables que aún no hacen uso de la plataforma SECOP II bajo los resultados de su experiencia en el uso de SECOP I, evidencian dificultades en cuanto al interés de los posibles oferentes, ya que la plataforma es transaccional y 100% virtual, por lo que puede generar traumatismos en especial para las mipymes locales de municipios diferentes a las grandes capitales. Se establece, además, que aún hay mucha desinformación y falta de claridad en el uso del SECOP II.

Así entonces, y de acuerdo con todo lo ya expuesto por los interesados, en cuanto a la pregunta: ¿cree usted que el procedimiento de mínima cuantía debe ser eliminado,

ajustado, o considera que su estructuración es idónea para suplir las necesidades surgidas en entidades cuyo presupuesto es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes?, los resultados arrojados fueron: debe eliminarse: 0; debe conservarse: 3; debe ajustarse: 5 (véase figura 3).

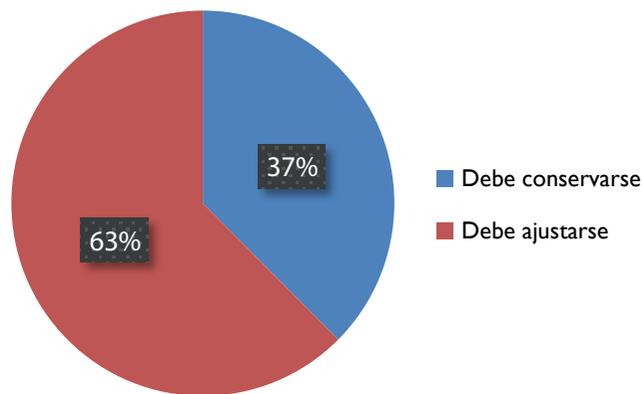


Figura 3. Consideraciones sobre la modalidad. Fuente: de autoría propia.

Es importante plasmar dentro de los resultados las siguientes propuestas determinadas por los entrevistados:

- La contratación de mínima cuantía debe reformularse conforme a las necesidades reales que tienen todas las entidades, y en particular las pequeñas entidades.
- Debe establecerse o permitirse la determinación de otros criterios de evaluación dentro de la contratación de mínima cuantía, que permitan mejorar la calidad en el desarrollo de la contratación.
- La “tienda virtual del Estado colombiano” en las grandes superficies es una buena forma de cómo debería ser ajustada la contratación de mínima cuantía, porque con ella se solventa la falta de oferentes y la calidad de los productos, pudiendo adquirir a menor costo productos, pero ahora sí de excelente calidad.

Cabe anotar que esta propuesta no puede dejar de lado la inclusión en la contratación de las mipymes territoriales, las cuales se benefician en su mayoría de la modalidad de mínima cuantía.

- Se puedan otorgar características técnicas más precisas, permitiendo marcas en donde se garantice la pluralidad de oferentes.

Conclusiones

1. La Ley 80 de 1993 no cumplió plenamente con los objetivos con los que fue creada, contemplando un proceso rígido y poco adaptable a las diferentes necesidades que se surtían dentro de las entidades públicas; razón

por la cual, el legislador vio la necesidad de modernizar el sistema buscando volverlo más eficiente y estableciendo algunos cambios, con el fin de garantizar transparencia dentro de la selección de los contratistas. En virtud de lo expuesto, se expidió la Ley 1150 de 2007 (Congreso de la República de Colombia), la cual desarrolló el sistema electrónico de contratación e incluyó, además, las siguientes modalidades de selección: selección abreviada, concurso de méritos y contratación directa. Posteriormente, mediante las Leyes 1450 de 2011 (Congreso de la República de Colombia) y 1474 de 2011 (Congreso de la República de Colombia), se introdujo legítimamente la modalidad de contratación de mínima cuantía, la cual ha sido reglamentada por los Decretos 734 de 2012, 1510 de 2013 y actualmente por el Decreto 1082 de 2015.

2. Con las diferentes modalidades de selección determinadas dentro de la Ley 1150 de 2017 (Congreso de la República de Colombia) y conforme a lo estipulado por la Ley 80 de 1993 en su artículo 3º, los servidores públicos deben tener claro que con la contratación realizada dentro de las diferentes entidades, debe buscarse “el cumplimiento de los fines estatales, la continua y eficiente prestación de los servicios públicos y la efectividad de los derechos e intereses de los administrados que colaboran con ellas en la consecución de dichos fines” (Congreso de la República de Colombia).

De conformidad con lo anterior, las entidades cuyo presupuesto es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes en el desarrollo de su contratación por mínima cuantía al ser la modalidad que prima dentro de las mismas, deben llevar a cabo sus actuaciones sin incurrir en costos adicionales ni sacrificar la calidad de lo contratado, respondiendo por sus acciones u omisiones.

3. En la responsabilidad que recae sobre los funcionarios en el manejo de los recursos públicos, se encuentra inmersa la diligencia en sus actuaciones y en el cumplimiento de los postulados constitucionales; es por ello por lo que no basta con que se cumpla al pie de la letra los textos normativos, sino que se debe ir más allá, buscando no solo los fines estatales, sino también que dichos objetivos se alcancen con el menor gasto de recursos.

No obstante lo anterior, al momento de aplicar las entrevistas a los responsables de la contratación pública

dentro de los entes objeto de estudio, se ha podido evidenciar que a pesar de que los funcionarios cumplan con sus responsabilidades conforme a lo establecido por la Constitución y la ley, es la misma normatividad la que contiene lineamientos que generan problemas para las entidades con pequeños presupuestos.

4. Las diferentes expediciones reglamentarias emitidas a partir de la expedición de la Ley 80 de 1993, han generado incertidumbre e inseguridad jurídica, pudiéndose considerar como una de las causales de los altos niveles de corrupción. Actualmente, la Agencia Nacional de Contratación Pública “Colombia Compra Eficiente”, ha emitido directrices que acceden clarificar procedimientos en contratación pública, pudiendo seguir una misma directriz en algunos asuntos en donde la norma no es precisa; no obstante, aún hay procedimientos como el de la modalidad de la mínima cuantía que requiere una regulación más específica de acuerdo con el tipo de entidad.
5. La percepción de los entrevistados y como se mencionó dentro de los resultados, es que la mínima cuantía es una modalidad de contratación ágil si se compara con las demás modalidades de contratación, y si bien con ella pueden suplirse las necesidades de las entidades cuyo presupuesto es inferior a 120.000 smlmv, las mismas también se encuentran frente a problemáticas que afectan el Principio de Economía, tales como baja calidad, propuestas artificialmente bajas, falta de interés en los proveedores y, por ende, escasez de los mismos, dificultad en la elaboración del estudio de mercado e insuficiencia en la póliza de garantía, siendo la primera en mención la de mayor presencia y, por tanto, de mayor afectación en los entes públicos de bajos presupuestos.

La problemática de la baja calidad se presenta inicialmente al no poder exigirse marcas reconocidas para la ejecución de los diferentes contratos que se tramitan; por lo que, como se mencionaba, implica necesariamente que deben acogerse a la calidad que el oferente esté dispuesto a entregar de acuerdo con el precio ofrecido, lo que se dificulta aún más al tener una directriz normativa que indica que el único factor de evaluación es el precio.

6. Con los resultados obtenidos de los responsables entrevistados, la baja calidad se vincula directamente al suministro de bienes, pero teniendo en cuenta que la mínima cuantía procede independientemente del objeto; se ha planteado que igual situación proceda para

los contratos de obra, prestación de servicios, consultorías y demás.

7. Con el uso de SECOP II no se tienen mayores expectativas para mejorar la situación de los entrevistados, ya que la falta de conocimiento en el uso de la plataforma por las entidades estatales, así como el poco conocimiento de los comerciantes, no vislumbran un panorama positivo para corregir las problemáticas.
8. De acuerdo con los municipios determinados por el DANE, Colombia posee 1.119 municipios (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005), dentro de los cuales, muchos de ellos junto con sus entidades descentralizadas, cuentan con bajos presupuestos; razón por la cual, las problemáticas que se identificaron dentro de la muestra escogida, pueden ser de un alcance mayor y presentarse dentro de otras entidades que posean las mismas características, en todo el país.
9. La estructura de la mínima cuantía debería ser replanteada, incluyendo otros factores de evaluación dentro de la misma, o estableciendo una normatividad que contemple las características de cada entidad, su ubicación geográfica, presupuesto, entre otros.
10. Si bien el presente artículo surge de los resultados de una muestra de entidades municipales cuyo presupuesto es inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes, es necesario realizar un estudio más amplio, con el fin de definir el impacto de las problemáticas que se presentan en todo el territorio nacional.

Reconocimientos

Artículo producto del proyecto de investigación denominado “Análisis de las problemáticas surgidas en la aplicación de la modalidad de contratación de mínima cuantía desde la perspectiva del Principio de Economía consagrado por la Ley 80 de 1993”, con el cual se optó por el título de Magíster en Derecho de la Universidad de Manizales, bajo la dirección de la doctora Nathalia Hernández Gómez.

Referencias

Agencia Nacional de Contratación Pública “Colombia Compra Eficiente”. (26 de noviembre de 2013). *Colombia Compra Eficiente*. Obtenido de https://www.colombiacompra.gov.co/sites/cce_public/files/cce_documents/cce_manual_minima_cuantia.pdf.

- Asamblea Nacional Constituyente. (6 de julio de 1991). *Corte Constitucional de Colombia*. Recuperado el 1° de abril de 2018, de <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>.
- Bendeck, J. (1993). *Alcaldía de Bogotá*. Recuperado el 12 de 11, 2016, de consulta de la norma: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7148>.
- Congreso de la República de Colombia. (12 de julio de 2011). *Secretaría General del Senado*. Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1474_2011.html.
- Congreso de la República de Colombia. (16 de julio de 2007). *Secretaría General del Senado*. Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1150_2007.html.
- Congreso de la República de Colombia. (16 de junio de 2011). *Secretaría General del Senado*. Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1450_2011.html.
- Congreso de la República de Colombia. (2007). *Ley 1150*. Bogotá, D. C.
- Congreso de la República de Colombia. (23 de septiembre de 1993). *Alcaldía de Bogotá*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7148>.
- Congreso de la República de Colombia. (28 de octubre de 1993). *Ley 80 de 1993. Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/provincias/subregiones.pdf>.
- Departamento Nacional de Planeación. (26 de mayo de 2015). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Normativa/Decreto-1082-de-2015.aspx>.
- Gómez, M. T. (2015). *Repositorio institucional Universidad Santo Tomás*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1825/Gomezmaria2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Gómez, I. D. (2015). El régimen de la contratación en Colombia: retos. En I. D. Gómez y D. Velandia, *Contratación segura* (pp. 13-50). Bogotá, D. C.: Instituto de Seguridad Jurídica y Probidad.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *Metodología de la investigación: guía para la comprensión holística de la ciencia*. Ediciones Quirón.

- Latorre, J. (1995). Presentación del nuevo Estatuto de la Contratación Administrativa. En *Comentarios al nuevo régimen de contratación administrativa* (pp. 27-41). Medellín: Ediciones Rosaristas.
- Luna, B. (2014). *Repositorio institucional E-docUR*. Obtenido de <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/8858/73189143-2014.pdf>.
- Matallana, E. (2015a). Disposiciones generales. En E. Matallana Camacho, *Manual de Contratación de la Administración Pública: reforma de la Ley 80 de 1993* (p. 133). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Matallana, E. (2015b). La Constitución y la contratación estatal. En E. Matallana Camacho, *Manual de Contratación de la Administración Pública: reforma de la Ley 80 de 1993* (pp. 64-67). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Matallana, E. (2015c). Procesos de contratación de mínima cuantía. En E. Matallana Camacho, *Manual de Contratación de la Administración Pública: reforma de la Ley 80 de 1993* (p. 817). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Palacios, M. (2016). *Repositorio institucional E-docUR*. Obtenido de <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/12456/PRINCIPIOS%20CONTRATACION%20ESTATAL%20-%20copia.pdf?sequence=1>.
- Rengifo, D. Y. (2015). *Universidad del Rosario*. Recuperado el 4 de noviembre de 2017, de Repositorio institucional E-docUR: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/10317/52932099-2015.pdf>.
- Rico, L. A. (2013). De la contratación de mínima cuantía. En L. A. Rico Puerta, *Teoría general y práctica de la contratación estatal* (p. 671). Bogotá: Leyer.
- Safar, M. S. (2009). *Análisis económico de los procedimientos de selección de contratistas del Estado en el derecho colombiano: hacia un mecanismo eficiente y transparente*. Bogotá, D. C.: Universidad Externado de Colombia.
- Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia. (s.f). *Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia*. Recuperado el 24 de octubre de 2016, de <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.dssa.gov.co%2Findex.php%2Fdocumentos-de-interes%2Fnormatividad%2Fconceptos-juridicos%2Fcapitulo-i-introduccion-planteamientos-generales%2FI37-contratacionestatal%2Ffile>.

IV. Artículos teóricos

Transformaciones de la educación producto del influjo del modelo neoliberal: escuela sin atributos y jurisprudencia constitucional colombiana

Transformations in education as a result of the influence of the neoliberal model: School without attributes and Colombian constitutional jurisprudence

Transformações da educação resultantes da influência do modelo neoliberal: escola sem atributos e jurisprudência constitucional colombiana

Ana Patricia Pabón Mantilla^{a,*}, | Javier Aguirre^b | Andrés Botero^c

^a <https://orcid.org/0000-0002-2550-135X> Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia

^b <https://orcid.org/0000-0002-3734-227X> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

^c <https://orcid.org/0000-0002-2609-0265> Universidad de Huelva, España

- **Fecha de recepción:** 2019-04-30.
- **Fecha concepto de evaluación:** 2019-09-30.
- **Fecha de aprobación:** 2019-10-02.
<http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.879>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Pabón Mantilla, A. P., Aguirre, J., & Botero, A. (2019). Transformaciones de la educación producto del influjo del modelo neoliberal: escuela sin atributos y jurisprudencia constitucional colombiana. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 11(2), 213-226. <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v11i2.879>

RESUMEN

El presente texto tiene como objetivos reflexionar acerca de cuál ha sido el efecto del neoliberalismo en la educación y de qué forma la dinámica de la juridificación de los conflictos en la escuela ha frenado o contribuido con ese efecto. Para cumplir con ese propósito, se propuso como método de indagación una investigación teórica con enfoque hermenéutico. A partir de las categorías de análisis propuestas se indagó en el caso concreto de la escuela en Colombia y en la forma en que la jurisprudencia constitucional se inserta en dicha dinámica. Los resultados muestran que existen transformaciones en la escuela producto del neoliberalismo como son la privatización de la educación, la formación de competencias y en emprendimiento, y a su vez existen mecanismos de contrapeso a la racionalidad económica producto de las tensiones que generan dichas exigencias, en especial aquellas que se traducen en manuales y reglas de conducta escolar que han propiciado la intervención de los jueces. Se exponen como conclusiones que pese a las críticas a la jurisprudencia constitucional en el ámbito escolar, estas decisiones han reivindicado los fines democráticos y de formación para la autonomía que debería perseguir la educación.

Palabras clave: neoliberalismo, educación, escuela, manuales de convivencia, jurisprudencia constitucional



* Correo electrónico: apabon742@unab.edu.co

SUMMARY

The present text aims to reflect on what has been the effect of neoliberalism on education and how the dynamic of the juridification of conflicts in schools has either slowed down or contributed to this effect. To do so, a theoretical research with a hermeneutic approach was proposed as a method of investigation. Based on the categories of analysis proposed, the specific case of schools in Colombia was investigated, as well as the way in which constitutional jurisprudence is embedded in this dynamic. The results show that there are transformations in the school as a result of neoliberalism, such as the privatization of education, the development of skills and entrepreneurship. At the same time, there are mechanisms to counterbalance the economic rationality resulting from the tensions generated by these demands, especially those that are translated into school manuals and rules of conduct that have led to the intervention of judges. The article concludes that in spite of criticisms of constitutional jurisprudence in the school environment, these decisions have vindicated the democratic ends and training for the autonomy that education should pursue.

Keywords: Neoliberalism, education, school, coexistence manuals, constitutional jurisprudence

SUMÁRIO

O objetivo deste texto é refletir sobre qual tem sido o efeito do neoliberalismo na educação e como a dinâmica da juridificação de conflitos nas escolas diminuiu ou contribuiu para esse efeito. Para cumprir esse objetivo, foi proposta uma pesquisa teórica com abordagem hermenêutica como método de pesquisa. Com base nas categorias de análise propostas, foi pesquisado o caso específico da escola na Colômbia e a maneira como a jurisprudência constitucional se insere nessa dinâmica. Os resultados mostram que há transformações na escola como resultado do neoliberalismo, como a privatização da educação, o treinamento de habilidades e o empreendedorismo, e também existem mecanismos para contrabalançar a racionalidade econômica como resultado das tensões geradas por essas exigências, especialmente aquelas que se traduzem em manuais e regras de comportamento escolar que levaram à intervenção dos juízes. Como conclusão, temos que, apesar das críticas à jurisprudência constitucional no contexto escolar, essas decisões reivindicaram os propósitos democráticos e de treinamento da autonomia que a educação deveria buscar.

Palavras-chave: Neoliberalismo, educação, escola, manuais de convivência, jurisprudência constitucional

La multidimensionalidad del neoliberalismo muestra varios sentidos: el político, que suele identificarse como libertarismo, que defiende el resurgimiento de las ideas liberales que protegen libertades individuales como límite al poder del Estado y en donde el individuo es eje del poder; el económico, que defiende el Estado mínimo cuya función primordial es la garantía de las libertades individuales o derechos negativos (esto es, un modelo en donde el Estado intervenga lo menos posible) y postula las bondades del mercado; la gobernanza, que puede entenderse como el tránsito de la teoría del neoliberalismo político y económico a la acción política conservadora cuando ejerce el poder, la cual constituye el desarrollo del modelo en la toma de decisiones administrativas y burocráticas por parte del poder constituido; en un sentido ideológico se hace referencia al neoliberalismo en forma

negativa y peyorativa y, finalmente, desde una perspectiva teórica crítica, el neoliberalismo se entiende como el predominio de la subjetividad del *homo oeconomicus*.

Estos escenarios no escapan de las dificultades conceptuales para definir el neoliberalismo, y constituyen un intento por caracterizar sus puntos en común a pesar de las diferencias. En dicha caracterización se ha mostrado como punto de encuentro la centralización del individuo como dueño (propietario) de su vida y por tanto libre¹. Esto sería la nueva presentación del binomio *Liberty & Property* y que ahora se reivindica, mientras se reconstruye desde el mundo anglosajón, sede principal del

¹ La propiedad como fundamento de la libertad, incluso la de conciencia, como lo pregonó Locke (2004, parág. 44, p. 70) y Hume (1984, libro III, p. 712).

neoliberalismo. Desde aquí se tendría como referente que el papel del Estado, en su intervención ante el individuo, sería meramente restaurador por un interés social, para el liberalismo moderado, o estaría censurado para la mayoría de los casos, para el liberalismo más fuerte.

Sin embargo, estos puntos en común contienen una de las grandes contradicciones del neoliberalismo, a saber, su aparente reivindicación del individuo y del individualismo frente a su efecto en la práctica: la eliminación del sujeto individual, que se diluye y desaparece. Brown (2016) llama la atención sobre este aspecto en su obra "El pueblo sin atributos. La secreta revolución del neoliberalismo". Allí muestra por qué el neoliberalismo, en todas sus acepciones, no es individualista, ni centra su actividad en la protección de las libertades individuales, a pesar de las pretensiones de las nociones políticas y económicas del mismo. Para Brown, en el neoliberalismo los individuos desaparecen en un todo social que gira alrededor del capital. El sujeto pierde sus atributos, pues lo que prima es la racionalidad económica. Un sujeto que no cumpla con su rol de *homo oeconomicus* es irrelevante y puede prescindirse de él en cualquier momento. Este elemento crítico que engloba las anteriores acepciones de neoliberalismo constituye una gran ventaja teórica de la perspectiva de Brown que ve al neoliberalismo como el predominio de la subjetividad del *homo oeconomicus*. Por esta razón, en nuestro análisis le daremos cierta prevalencia a esta visión, desde la cual, no obstante, presentaremos reflexiones conectadas con las otras acepciones, en especial con la económica, la política y la de la gobernanza.

Es en este contexto de las dificultades conceptuales y las contradicciones relacionadas con el neoliberalismo donde nos preguntamos: ¿cuál ha sido el efecto del neoliberalismo en la educación y de qué forma la dinámica de la juridificación de los conflictos en la escuela ha frenado o contribuido con ese efecto?

La respuesta a este problema naturalmente atraviesa muchos campos². Por razones de espacio, nos centraremos en dos niveles de la discusión. El primero, que analiza los escenarios en los que se evidencia el influjo del neoli-

beralismo en la educación y que consolidan, siguiendo la premisa propuesta desde nuestra lectura de Brown, una escuela sin atributos³. Estos escenarios son tres: i) el referido a la prestación misma del servicio educativo, ii) el escenario enfocado en las competencias como baremos en la educación y iii) el ámbito relacionado con la formación en emprendimiento como el fin más relevante del proceso educativo. Como se observa, estos tres campos están marcados profundamente por el derrotero económico, esto es, el *homo oeconomicus*. La caracterización y el análisis del influjo del neoliberalismo en la educación en estas esferas permite mostrar un primer hallazgo, que orienta la discusión alrededor de la tesis de que, en efecto, en la escuela el neoliberalismo ha generado lo mismo que describe Brown para el individuo: una pérdida de los elementos que orientaban la construcción de la individualidad y la formación para la autonomía y la ciudadanía. Este desdibujamiento se percibe de manera muy marcada en los conflictos que se generan entre los distintos actores del sistema educativo, producto de la imposición de reglas de conducta o manuales de convivencia, que de manera heterónoma imponen metas, pautas de comportamiento y expectativas frente a cómo se constituyen los participantes del sistema educativo. Estos conflictos se visibilizan en los casos en que, a través del sistema judicial, los estudiantes han buscado desvirtuar las reglas incorporadas por las instituciones en sus manuales de convivencia.

En el segundo nivel de la discusión se aborda la segunda parte del problema, que propone indagar si la jurisprudencia de la Corte Constitucional de Colombia que decide sobre los conflictos en torno a las reglas de convivencia en las instituciones escolares, podría leerse como un instrumento de resistencia contra una de las principales consecuencias del influjo del neoliberalismo en la escuela: la eliminación del sujeto y de la formación para el ejercicio de la ciudadanía y la democracia. El análisis de este segundo aspecto buscará develar si, en efecto, la judicialización de las dinámicas escolares, que se materializa, por un lado, en los reglamentos y, por el otro, en las intervenciones de los jueces en los conflictos escolares, permite ofrecer mecanismos de resistencia a una escuela sin atributos o si el desmantelamiento de los manuales de convivencia como códigos de trabajo podría dejar un espacio liberado para ser colonizado por otras dinámicas que también menoscaban la formación ciudadana y democrática.

2 Campos como, por ejemplo, el fordismo en la academia, aquel que vuelve los resultados académicos un problema de producción cuantitativa, lo que permite una medición del trabajo científico como lo fue en su momento el fordismo, el cual logró domesticar así el trabajo industrial (Pachón, 2017); o la dependencia cada vez mayor en el capital y en la iniciativa privada de la investigación, incluyendo la de ciencias sociales o la pacifista (Maldonado, 2017); o la burocratización y la estandarización de la actividad docente y científica; etc.

3 Se entenderá por escuela, las instituciones escolares de educación básica primaria y secundaria dentro del sistema escolar en Colombia.

La reflexión que se presenta se construyó a partir de los resultados de la investigación “Las nociones de democracia que subyacen en la jurisprudencia de la Corte Constitucional colombiana, comprendida en el período 1998-2015, referida a la protección de los derechos fundamentales de los estudiantes ante las medidas sancionatorias-pedagógicas contenidas en los manuales de convivencia en las instituciones escolares”. Esta es una investigación teórica que partió de la consulta de fuentes documentales. En una primera fase se realizaron reseñas analíticas de las fuentes teóricas. De estas fuentes se derivaron las categorías de análisis que permitirían aproximarse al caso concreto de la escuela en Colombia. En una segunda fase se realizó un análisis sistemático de la jurisprudencia de la Corte Constitucional a partir de la técnica de análisis jurisprudencial con la finalidad de identificar las razones de la decisión en cada caso. En una tercera fase se realizó, a partir de la hermenéutica comprensiva, una lectura de las decisiones judiciales y los conflictos escolares a partir de los postulados derivados de los referentes teóricos. Los resultados de la investigación son retomados en este texto con el ánimo de presentar una reflexión sobre los hallazgos desde el enfoque de la hermenéutica crítica.

■ Consecuencias del neoliberalismo en la educación

El neoliberalismo va más allá de ser un fenómeno político y económico. Se ha logrado consolidar como una “racionalidad rectora que disemina los valores y las mediciones del mercado a cada esfera de la vida y que interpreta al ser humano mismo exclusivamente como *homo oeconomicus*” (Brown, 2016, p. 141). Esto trae como consecuencia que a partir de este modelo se orienta la comprensión de todos los episodios de la vida en términos de inversión y apreciación de capital, en donde, incluso, las personas se convierten en “recursos” o “capital humano” (Dieterich, 2004). El neoliberalismo terminó llevando la lógica económica a todos los ámbitos de la vida humana. Esta racionalidad termina condicionando la forma en que se desarrolla la educación. En lo que sigue se describirán tres escenarios en los que se han transformado la idea y el sentido de la educación, con el fin de analizar la forma en que la educación ha estado marcada por el neoliberalismo, entendido, especialmente desde el punto de vista económico, político, la gobernanza y la visión que lo ca-

racteriza como el predominio de la subjetividad del *homo oeconomicus*⁴.

La prestación del servicio educativo

La educación es un servicio público⁵ y es la clave en la consolidación de una mentalidad democrática en la próxima generación, de manera tal que con ella se garantiza la continuidad o la ruptura en el campo cultural. De allí la importancia de que el Estado liberal haya instaurado el control del monopolio de este servicio, en especial para monitorear iniciativas privadas, o más exactamente religiosas, y lo haya instaurado como una prestación universal. Sin embargo,

es cada vez más difícil hablar de bienes públicos de cualquier tipo. La métrica del mercado, que enmarca cada dimensión de la conducta humana y las instituciones, hace que diariamente sea más difícil explicar por qué las universidades, las bibliotecas, los parques y los servicios ciudadanos de reservas naturales y escuelas primarias, incluso las carreteras y las banquetas, son o deberían ser accesibles o provistos públicamente (Brown, 2016, p. 141).

En el caso latinoamericano, la educación estatal no solo logró desplazar por completo las iniciativas privadas (fundamentalmente religiosas), sino que también quedó relegada, en muchos casos, a ser una educación considerada como de menor calidad frente a la ofrecida por dichas iniciativas privadas. En Colombia se incorporó un sistema en el que se declaró a la educación como un derecho y un servicio público, que al igual que otros servicios puede prestarse por particulares bajo la supervisión del Estado. Así fue dispuesto en el artículo 365 de la Constitución Política colombiana al señalar: “Los servicios públicos (...) podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios (...)”.

El resultado de este sistema mixto generó que, progresivamente, se haya vivido una desfinanciación de la educación estatal, que algunas instituciones de financiación privada ofrezcan mejores instalaciones, equipos y dotación escolar, proporcionando la prestación de un mejor servicio a

4 No se va a considerar el sentido ideológico en la medida que no ofrece categorías de análisis para el problema propuesto.

5 El art. 67 de la Constitución Política de Colombia establece que “la educación es un derecho y un servicio público que tiene una función social”, esto fue desarrollado por la Ley 115 de 1994, Ley General de Educación.

clientes que pueden pagarlo. Esto ha generado una brecha entre instituciones oficiales y privadas de alta calidad e instituciones oficiales y privadas con menos recursos ante la ausencia de suficientes mecanismos de vigilancia y en desmedro de la calidad y el derecho a la igualdad.

Fue en este contexto, de debilidad estructural de la educación pública, que el neoliberalismo, especialmente como gobernanza, en el caso colombiano, logró debitarla aún más con la mentalidad, ya descrita, de trasladar a los particulares lo que se pudiera trasladar y la de contener el crecimiento de la educación pública, permitiéndole así a las instituciones privadas un crecimiento sin más competencia que la que ellas mismas podrían darse entre sí; todo a partir de la creencia de que los costos de la prestación del servicio educativo bajarían, que dicha reducción bajaría los costos del servicio para el público, que se daría una mejor educación (enfocada al empleo y la productividad, considerados como requisitos *sine qua non* para el desarrollo) y que mejoraría la eficacia (Dieterich, 2004; Fernández, 2017; Orozco, 2016; Valencia y Arango, 1998).

En la actualidad se han generado distintas políticas públicas que terminan por favorecer la educación privada, las cuales incluyen el pago de cupos escolares a prestadores privados, lo que parecería, inicialmente, coherente con la prédica del Estado mínimo; sin embargo, esto ha estado asociado a un crecimiento considerable del Estado al entenderse como un regulador e inspector del servicio público de educación, lo que exige una fuerte burocracia plasmada en una decena de instituciones creadas en los últimos decenios que reglamenta este servicio público⁶. En este escenario prevalece el influjo del neoliberalismo como gobernanza, en un contexto en el que parece que la privatización consolida el discurso neoliberal (Calderón, 2018).

Formación en competencias

Un segundo campo es la consolidación de un modelo educativo basado en competencias individuales en un contexto que privilegia el saber-hacer, por un lado, y la formación de un adecuado “capital humano”, por el otro (Dieterich, 2004). El origen del modelo de formación por

competencias se identifica en Estados Unidos y se remonta a los años treinta,

cuando surgió más formalmente la necesidad de atender a los principales aspectos que contribuyen a ser un *top performer* en cada puesto de trabajo. Como es sabido el *competency movemet* fue impulsado por David McClelland, autor, en 1973, del artículo *Testing for competence rather than for intelligence* que sigue siendo un referente histórico en la gestión por competencias (Arbeláez, Corredor y Pérez, 2009, p. 25).

Se buscaba la formación que permitiera un alto desempeño económico del educando.

Este origen puede leerse en sintonía con la idea de la centralidad de la economía y el sistema económico como un mecanismo para resolver las necesidades del mercado. Se considera al trabajo como un *mercado* y a la educación como un habilitador para la dura competencia en dicho mercado; así, la propuesta educativa se centra más en un saber-hacer a partir del agente individual, egoísta, en competencia con otros, más que en un habilitador para el ser-con-otros en el compartir propio de un agente comunitario y ni hablar de un ser-integral que era la base de la formación en cultura general y para la ciudadanía democrática (Valencia y Arango, 1998).

Como señala Brown (2016): “El conocimiento, el pensamiento y el entrenamiento se valoran y desean casi exclusivamente por su contribución a la mejora de capital. Esto no se reduce solamente a un deseo de conocimientos y habilidades de carácter técnico” (p. 144). Se privilegia la enseñanza de saberes que se consideran útiles y, por tanto, aquello que no reporta utilidad se desplaza del universo de saberes por carecer de pertinencia. Esto ha permitido un desprecio por las humanidades como se identifica en la crítica que a este modelo educativo hacen Brown (2016) y Nussbaum (2010).

En términos generales, la formación en competencias responde a un paradigma económico y político, que considera que la pobreza es resultado de la falta de competencias adecuadas de los educandos económicos y, por tanto, la buena o mala educación sería causa de la riqueza o la pobreza de una persona o un pueblo (aspecto muy relacionado con el emprendimiento del que hablaremos luego) (Dieterich, 2004). De esta manera, desde el neoli-

⁶ Existe una amplia literatura (Restrepo, 2012; Rodríguez, 2012; Vásquez, 2009) que señala que la actual globalización no trajo una disminución de las tareas del Estado. Si bien el Estado ha tercerizado muchos de sus servicios, ha incrementado sus funciones de reglamentación, regulación, inspección y vigilancia, lo que conlleva el incremento de la burocracia y de la creación de varias entidades para tales fines.

beralismo como gobernanza⁷, en especial desde instancias internacionales multilaterales, surge el llamado a conciliar el sistema de educación institucional con los requerimientos del mercado laboral, lo que se traduce en el sistema de competencias que privilegian una formación para la empleabilidad y para la productividad.

Si bien la propuesta pedagógica de formación en competencias no puede considerarse como fruto del neoliberalismo, el contexto de aplicación deja un claro ejemplo de la influencia del modelo en la educación, en la medida que se hace énfasis en la necesidad de formación en competencias esenciales para el desarrollo individual, más que cooperativo, y para la futura empleabilidad del educando dejando de lado otras facetas o competencias, apenas enunciadas a lo largo del trayecto educativo del discente, encaminadas a la formación crítico-humanista.

Incluso, estos saberes crítico-humanistas determinarán la diferencia cualitativa entre grupos sociales. Como lo plantea Michéa (2009), dichos saberes cada vez se consideran más como superiores, de forma que en el modelo hegemónico neoliberal serán solo enseñados a un grupo más que selecto de individuos en unos polos de excelencia de los que se espera salgan los líderes sociopolíticos del futuro, una especie de centros de formación de alfas, en remembranza de la novela *Un mundo feliz* de Huxley, mientras los demás individuos estarán destinados a centros de instrucción basados en competencias laborales.

En este sentido, la crisis de las humanidades y, por tanto, de la formación en pensamiento crítico del estudiante común, todo dentro de la faceta ilustrada de formación para la ciudadanía traducida en la sentencia kantiana del *sapere aude*, es más que palpable para el caso colombiano si se ve, en la práctica, la ausencia de formación en historia y filosofía, por dar dos casos, que ha caracterizado los procesos formativos⁸.

7 Dieterich (2004) considera que el verdadero responsable de este modelo educativo es la "Escuela de Chicago".

8 En el caso de la enseñanza de la historia, desde la Ley 115 de 1994 se unificó con "ciencias sociales". Recientemente, el Congreso aprobó la Ley 1874 de 2018 con objeto de restablecer la enseñanza obligatoria de la Historia de Colombia, lo que ha generado distintas posturas sobre el tema. En el caso de la filosofía, el debate lo abrió la decisión del Ministerio de Educación, a finales del 2013, que dando cumplimiento a la Ley 1324 de 2009 reformó las pruebas de estado SABER 11 y fusionó las pruebas de lenguaje y filosofía en una "Prueba de Lectura Crítica". Las pruebas estandarizadas orientan los contenidos que privilegian los colegios en la enseñanza, pues algunas instituciones están muy interesadas en obtener altos puntajes de cara a las mediciones de "calidad" que se fundan en los resultados de las pruebas, esto ha motivado la preocupación de ciertos sectores académicos, pues se valora que la enseñanza de la Filosofía desaparecerá de los contenidos curriculares.

Podría pensarse, siguiendo el modelo de pensamiento del neoliberalismo como gobernanza, que se busca una alienación completa de los futuros ciudadanos, en el sentido de que estamos ante una escuela intencionalmente formadora de ignorantes en todos los campos, menos para habilidades económicas o mejor dicho laborales, como lo dijeron Dieterich (2004) y Michéa (2009), requisito necesario para la actual expansión del modelo capitalista:

Sólo entonces será posible calibrar hasta qué punto los actuales progresos de la ignorancia, lejos de ser el producto de una deplorable disfunción de nuestra sociedad, se han convertido en una condición necesaria para su propia expansión (Michéa, 2009, p. 14).

Incluso, cuando se incorporan otras competencias ligadas al desarrollo personal y social (del ser y del convivir)⁹ que piensan en términos de formación integral y reivindican la preocupación por las personas, estas se orientan en un tono colonizado por la racionalidad económica hegemónica:

El desarrollo de esta competencia contribuye a tener una visión clara de los retos y oportunidades de la existencia, a identificar y cumplir objetivos del proyecto de vida autónoma y a mantener la motivación de logro para realizar las tareas emprendidas o lograr los objetivos propuestos (Doncel y Leena, 2012, p. 32).

Este discurso hace pensar que ser competente en todos los ámbitos de la vida del ser humano (en la vida con los otros, en la vida como ciudadanos) es necesario porque nos permite ser más productivos. Los niños y las niñas son valorados entonces (y obligados a valorarse a sí mismos) como proyectos de vida y no como fines en sí mismos, a partir de un modelo cuyo origen está pensado en clave de construir el futuro económico-laboral del individuo, pero que difícilmente se ha logrado desligar de ese carácter, pues muchas veces el modelo pone en evidencia el influjo neoliberal con su racionalidad económica en el sistema educativo. El modelo de competencias refuerza los valores del sujeto neoliberal que aspira a la perfección, que termina juzgándose y juzgando a los otros por los estándares más altos, en donde se exige ser competente en el

9 Entendidas, la primera: "ser, dimensión que permite articular los aspectos cognitivos con los emocionales, actitudinales y axiológicos del individuo referidos a su propia actuación", y la segunda: "convivir, que hace referencia a los aspectos relativos a la conducta y actitudes del ser humano en su relación con el entorno" (Arbeláez et al., 2009, p. 20).

hacer, ser un ciudadano competente, ser competente en las relaciones con los otros y evaluar si los otros también lo son, por mencionar unos casos.

La formación para la competencia con sus altos estándares ha agregado otros conflictos escolares a un escenario que ya estaba marcado por la disciplina y el castigo como herramienta para contener conductas. El sistema educativo de inicios del siglo XX, cuyo origen se asocia con la necesidad de formar empleados para la fábrica (Taylor, 2016), ha construido el imaginario de que la realidad a la que se enfrentará el educando está constituida por una lucha constante, una competencia entre los agentes concurrentes, en el cual solo podrá sobrevivir quien se logre vender a sí mismo, esto como manifestación del emprendimiento ya reseñado. La enseñanza en estas escuelas parte de que la dura realidad extramuros exige el desarrollo del egoísmo del educando, sin que se crea necesariamente que esto ayudará al bien común en tanto que se considera más una herramienta de supervivencia en un mundo de todos contra todos. Una especie de consideración, desde la escuela —que en virtud del manual de convivencia sería un espacio convencional—, de que el egresado estará inmerso en un mundo pre-convencional, uno que, según Hobbes (1989), correspondería con el derecho natural del más fuerte, en este caso, del más competitivo. Pero en este ejemplo se ve cómo la escuela, a la que, repetimos, se le exige estatuirse como espacio democrático-participativo y, por tanto, convencional, pretende formar para uno preconvencional, fundado a su vez en el miedo que produce ese sistema, real o aparentemente, tan competitivo como puede ser el estado natural preludio del contrato social en el *Leviatán*.

Es así que las dinámicas de la evaluación, los premios y la meritocracia que reinan en una escuela que busca formar estudiantes exitosos y emprendedores rompe con la convivencia y termina generando situaciones de tensión entre los estudiantes. El manual de convivencia se convierte entonces en un código de trabajo, en un instrumento disciplinario, tipo código sancionatorio, destinado a refrenar conductas. La escuela, por su parte incorpora reglas disciplinares que moldean el cuerpo, el género, las aspiraciones, olvidando a los individuos y forjando al capital humano.

Emprenderismo

Este énfasis en el éxito económico individual encumbró un término en las instituciones educativas, profundamente asociado a la formación en competencias en las que debe formarse todo estudiante: el emprendimiento, que en el fondo traslada al individuo educando la responsabilidad de su éxito o fracaso en el mercado y en lo social, de manera tal que así se diluye la oposición obrero-patrón, empleado-empleador, sobre la que se construyó el discurso marxista, para ser, a partir de ahora, el propio individuo quien se autoexplora esperando que esto le permita una vida digna, entendiéndose éxito económico desde los estándares capitalistas actuales. El emprendimiento, como doctrina instructiva, le hace creer al sujeto que las expectativas sociales son sus deseos propios¹⁰, para así reconstruir la subjetividad a partir de las finalidades económico-mercantiles que han colonizado desde los proyectos de felicidad, pasando por la telemática¹¹ y hasta la misma política, asunto al que podemos denominar como perversidad, pero una que logra camuflarse muy bien y que incluso está en condiciones de salirse con la suya por la vía negativa del reproche superficial. Esta subjetividad ha sido denominada como neoliberal, pero como pretendimos mostrarlo en el acápite anterior, este mote es muy estrecho (por lo vago) para un individualismo egoísta-económico que se ha dado a conocer incluso antes de la “Escuela de Chicago” y que ha merecido críticas desde antes del capitalismo global, como la de los comunitaristas quienes a su vez se remontan hasta Hegel (1968). Entre los comunitaristas se destacan las críticas de Walzer (2001), para quien el modelo neoliberal ha convertido a la escuela en un lugar que provee formación con destino a satisfacer los requerimientos y necesidades del mercado, al punto de que “en la educación los padres y los hijos son los consumidores” (p. 208).

Lo llamativo de esta subjetividad es que desea anclar en el individuo y solo en él, su propio destino, cosa que puede

¹⁰ “El hombre moderno vive bajo la ilusión de saber lo que quiere, cuando, en realidad, desea únicamente lo que se *supone* (socialmente) ha de desear” (Fromm, 1981, p. 278).

¹¹ A diferencia del *Big brother* de George Orwell, los actuales sistemas que hacen pública nuestra vida privada, no son vistos como medios opresivos (Han, 2014).

tener aspectos tanto positivos como negativos, dependiendo del punto de vista asumido¹².

Esta nueva subjetividad (la del emprendedor que se auto-explota) favorece pues la acumulación de capital tanto del individuo mismo, si su emprendimiento es exitoso, pero fundamentalmente del Capital ya consolidado, pues el emprendimiento tiene como ventaja que logra una disminución muy significativa del costo que le implica al Capital los derechos laborales, adquiridos en el pasado a un costo social y humano muy alto, en la medida que el destino económico de la persona no está atada al trabajo-para-otro, a su mano de obra arrendada a otro, sino al propio destino, a la forma en la que logro poner mi propio cuerpo en relación conmigo mismo. Es decir, el Capital logra, por esta vía, “la destrucción de la propiedad privada nacida del propio trabajo, es decir, la expropiación del trabajador” (Marx, 1975, p. 658), dado que el Capital genera empleo subvalorado, mientras contrata, supuestamente en un plano de igualdad formal o jurídica, a un autoempleador para asuntos específicos, asumiendo este último los riesgos y los costos de su propio trabajo (Denning, 2013).

Las consecuencias de esta subjetividad son muchísimas. Una de ellas, que esbozamos anteriormente, está en que descentra al discurso marxista en tanto este estaba montado sobre clases diferenciadas entre sí a partir de la categoría de explotador y explotado, por lo cual se queda corto el discurso tradicional marxista al momento de explicar el nuevo cambio de un sujeto al que se le hizo creer que la vida que vale la pena ser vivida es la vida de cierto tipo de éxito económico, pero que ese éxito económico solo se logra en una autoexplotación, la cual enfrenta todo tipo de peligros y riesgos, creyendo que así será feliz (Fromm, 1981), todo lo cual convierte la propia fuerza de trabajo en un fetiche del propio dueño de esa misma fuerza (Han, 2014).

El capitalismo, que por ser altamente revolucionario de sus propias estrategias está en continua transformación, logra dicho cambio con un cambio en los objetivos de la educación, en este caso, uno que permita la mutación de la mentalidad de los futuros agentes económicos, en el sentido de que no deben aspirar articularse cooperativamente con otros en su destino, sino solo a sí mismo,

lo que, como dijimos, le permite al Capital aumentar su plusvalía en tanto se evita costos sociales antes asumidos como necesarios, lo cual no estaría nada mal para los futuros agentes emprendedores si con sus acciones egoístas se lograra un acceso igualmente correspondiente a lo ahorrado por parte del Capital. No obstante, “cerca del 70 por ciento de los emprendimientos fracasa, lo que plantea grandes preguntas y desafíos sobre el devenir del emprendimiento y su impacto” (Guevara, 2016, p. 9), lo que se suma a que

las experiencias del fracaso remiten a graves consecuencias no solo “materiales” (que trae entre otras el endeudamiento), como la precariedad y vulnerabilidad, ya de por sí extremadamente degradantes en la condición humana, sino que también a medida que va penetrando el discurso, ese fracaso se experimenta cada vez más fuerte en términos “emocionales y psicológicos”, como el vacío del “sentido de la vida” de “ser alguien” (Guevara, 2016, p. 9).

Como bien lo señala Guevara (2016), el emprendimiento traslada la responsabilidad del agotamiento del trabajo, el fin del ocio-descanso y el dolor de la pérdida, a la propia subjetividad del emprendedor, a la que se le hizo creer que el éxito es el resultado de la autoexplotación que supone, previamente, un cambio de actitud ante el propio destino. Una subjetividad sobreexplotada que se vuelve vulnerable en tanto excluida del sistema político (pues al ser sobre-ocupado no tiene el tiempo que requiere para ser ciudadano) y económico (en tanto es muy poco probable que tenga éxito) (Breman, 2013). Y de ese cambio de actitud, ese sobredimensionamiento de la voluntad que aparece en estrecha relación con la literatura de liderazgo, de hágalo-usted-mismo y de superación personal, que hacen creer en una supervoluntad que puede con todo¹³, como si los hábitos (propios y sociales) y el contexto fuesen fuerzas menores ante el deseo y el esfuerzo personal.

Para este modelo, quien fracasa, a pesar de tener todo en contra para ello, es responsable de su fracaso por no haber querido o sabido ser exitoso. A su vez, quien es exitoso, aunque sea un caso entre un millón, es puesto como

¹² En todo caso, como lo señalamos, la visión de Brown del neoliberalismo como el predominio de la subjetividad del *homo oeconomicus*, devela que, a la larga, ese individualismo neoliberal no existe, pues toda posibilidad de “ser individual” se diluye en un mar de sujetos económicos indiferenciados.

¹³ Obsérvese la fuerte relación entre el discurso de ser emprendedor y la literatura de autoayuda personal, todo un mercado editorial: “La fórmula mágica de la literatura de autoayuda norteamericana es la curación. Designa la optimización personal que ha de eliminar terapéuticamente toda debilidad funcional, todo bloqueo mental. La permanente optimización personal, que coincide totalmente con la optimización del sistema, es destructiva. Conduce a un colapso mental. La optimización personal se muestra como la autoexplotación total” (Han, 2014, pp. 48-49).

caso demostrativo de que cualquiera, si se lo propone, no necesita del otro, ni mucho menos del Estado, para construir una vida digna; esto es, con éxito económico, como si la voluntad pudiera, por sí sola, dar por tajo con las fuertes barreras socioeconómicas que determinan el futuro económico de los miembros de la sociedad. Muy buenas críticas a esta concepción las encontramos en Stiglitz (2012), cuando denuncia que la voluntad de una persona pobre o rica, es una variable insignificante para producir cambios en su situación socioeconómica; esto es, que quien nace pobre, por más inteligente y trabajador que sea, tendrá escasas probabilidades de salir de su pobreza a menos de que se piense la economía de forma diferente a como se ha propuesto desde el neoliberalismo, económico y como gobernanza, que se centra en la ilusión de que cada cual labra su destino:

En algunos grupos (que incluyen tanto a ricos como a pobres), se cree que los ricos han conseguido su riqueza a base de trabajar mucho, donde las aportaciones de los demás y la suerte desempeñan solo un papel secundario; en otros grupos existe justamente la convicción contraria. No es de extrañar que esos grupos tengan puntos de vista distintos respecto a las políticas tributarias. Si un individuo cree que lo que posee es exclusivamente producto de sus propios esfuerzos, está menos dispuesto a compartir esa riqueza con los demás, con quienes esa persona considera que eligieron hacer menos esfuerzos. Si un individuo considera que su éxito es, en gran parte, producto de su buena suerte, está más dispuesto a compartirla (Stiglitz, 2012, p. 217)¹⁴.

Así, el emprendimiento actúa como un discurso que “lava las manos” del sistema, al hacer creer que hay un éxito económico por encima de otras formas posibles de éxito, que dicho éxito se debe en buena medida al uso estratégico (egoísta) de capacidades personales y que el contexto está proclive para premiar a los emprendedores, de forma tal que si alguien fracasa ha sido por su propia responsabilidad y lo que le queda es seguir creyendo que todo está a su alcance: caerse y levantarse las veces que sea necesario, como el mito de Sísifo (Guevara, 2016).

Hasta este punto se ha dado respuesta a cuál ha sido el efecto del neoliberalismo en la educación. Los hallazgos que se expusieron se derivan de la caracterización teórica de la noción de neoliberalismo en sentido político, económico, como gobernanza y como *homo oeconomicus* y del análisis de las transformaciones de la educación a partir de estas categorías. En lo que sigue se analizará la forma en que los reglamentos escolares contribuyen con el desdibujamiento de los individuos, consecuencia global del neoliberalismo y se analizará si la gestión de los conflictos escolares mediante la intervención del juez constitucional en Colombia puede leerse como un mecanismo para frenar el influjo del neoliberalismo o, por el contrario, ha contribuido con ese efecto.

■ El debate sobre los manuales de convivencia: entre el código de conducta heterónomo y la reivindicación de la autonomía

Para el caso colombiano, la Constitución de 1991 significó un renacer del individuo en lo que atañe a su carta de derechos, lo que en el caso que nos ocupa significó un fortalecimiento en la norma de la autonomía de niños, niñas y adolescentes, al considerarlos sujetos de derechos, propietarios de sí mismos. Esto se concretiza principalmente a través del derecho al libre desarrollo de la personalidad. Esta concepción ha permitido el cuestionamiento de las prácticas culturales previas fundadas más en un estatismo de los derechos y en una visión de los “menores de edad” como objetos de protección, visión profundamente conectada con una cultura educativa enraizada en la gobernanza ejercida por directivas y profesores, donde son ellos quienes, en una relación paternal, consideraban qué era lo mejor para el educando e, incluso, para sus padres.

El cambio constitucional conllevó, pues, que las relaciones estudiantes-instituciones, la convivencia y los conflictos derivados de ella, se resolviesen, siguiendo la línea liberal-política, por medio de una especie de contrato social como debería ser el manual de convivencia, una convención entre los miembros de la comunidad educativa que conllevaría una nueva forma de gobierno escolar diferente al paternalismo previo. Esto implicaría, por demás, un aterrizaje de las concepciones de justicia dialógicas propias del liberalismo, partiendo de las teorías procesales, pero con un claro límite material como lo serían los derechos fundamentales (es decir, posturas mixtas), sobre cómo se-

¹⁴ “Otro de los muchos mitos es que los pobres únicamente pueden culparse a sí mismos. Los desempleados no tienen trabajo porque son unos vagos. No han buscado con suficiente ahínco. Cuando se plantea una propuesta para ampliar las prestaciones por desempleo, a los defensores de esas ideas les preocupa el riesgo moral. A su juicio, proporcionar un seguro a los desempleados reduce su incentivo para buscar trabajo, lo que, a su vez, da lugar a un mayor índice de paro” (Stiglitz, 2012, pp. 292-293).

ría posible la convivencia en espacios de concertación de la voluntad.

Empero, ese liberalismo reclamado para las relaciones escolares no se hizo efectivo en la práctica; pasamos de una escuela que incluía el castigo físico¹⁵ a una escuela que adoptaba reglamentos escolares. Pero los manuales o pactos de convivencia no necesariamente se construyeron como producto del acuerdo de voluntades de los distintos actores, sino que en algunas ocasiones resultaron ser más imposiciones reglamentarias de corte disciplinario¹⁶.

La pérdida de la visión del manual como pacto o acuerdo de convivencia y su paso a manual de conducta o reglamento disciplinario aumentó la conflictividad escolar, lo que exigió una mayor intervención por parte del juez constitucional. Producto de esta intervención, la Corte Constitucional se pronunció sobre los criterios que orientan la valoración de los manuales de convivencia. Estos son vistos por el alto tribunal como las reglas que orientan la convivencia y bajo el manto de la Constitución deben ser legítimos. Su legitimidad se funda, primero, en su carácter democrático, lo que se traduce a que en el proceso de creación

la eficacia del principio democrático exige que la adopción de los manuales de convivencia esté precedida de un proceso participativo, en el que concurra la intervención de los estamentos que conforman la comunidad educativa, esto es, directivos, profesores, educandos y padres de familia (Corte Constitucional, Sentencia T-565 de 2013).

y, además, que el manual incluya la posibilidad de disentir sobre las reglas que contiene; y, segundo, en que las reglas que incluya guarden los límites que impone la garantía de los derechos de los miembros de la comunidad educativa.

Las críticas a la intervención del juez en las relaciones escolares no se hicieron esperar, “por culpa de los fallos, ahora no hay quién meta en cintura a los alumnos” (*Revista Semana*, 07/05/1993, párr. 1). Pese al rechazo por la intromisión del juez y la intervención estatal que ha ge-

nerado una “burocratización de la institucional escolar” producto de una “excesiva normatización que hace que las directivas y los maestros se conviertan en aplicadores de las normas y exigencias administrativas y académicas olvidando su función pedagógica” (Parra, 1994, p. 53; citado por Aristizábal y López, 2014). En muchas ocasiones, la reacción de directivos y maestros frente a estas exigencias fue acudir también a las normas, a reglamentos escolares que como códigos disciplinarios les facultaba el poder de vigilar y sancionar a los estudiantes y volver frenar conductas ya no con la regla sino con el libro de conducta. Los manuales de convivencia se convirtieron en códigos disciplinarios (Aristizábal y López, 2014).

Al revisar la jurisprudencia constitucional sobre el tema, consideramos que buena parte de los conflictos que han llegado a las instancias judiciales tienen que ver con la falta de legitimidad de los manuales, pues, por un lado, desconocen el principio de participación en el proceso de creación y, por otro, incluyen reglas para frenar conductas que son contrarias al mandato constitucional y que pueden leerse como reglas que desconocen la individualidad y la pluralidad de los estudiantes. Esto lo observamos en cuatro escenarios.

El primero en donde se cuestionan sanciones referidas a la apariencia personal. En estos casos, las instituciones escolares incorporaban reglas que definen corte de cabello, limitan el uso de accesorios y regulan el uso de uniformes. Frente a la desobediencia de estas reglas, las instituciones han optado por imponer sanciones que van desde los reportes o las anotaciones en la hoja de vida de los estudiantes hasta la prohibición del ingreso a clases. Cuando estos casos llegan a la Corte Constitucional, la Corte ha amparado los derechos de los estudiantes por considerar que la apariencia personal está protegida por la esfera del libre desarrollo de la personalidad y que no pueden imponerse reglas construidas de forma heterónoma, sin la participación de los afectados.

Los sujetos que participan en el proceso educativo ya no se encuentran separados entre actores pasivos receptores de conocimiento y actores activos depositarios del saber. El principio constitucional que protege el libre desarrollo de la personalidad y el derecho a la participación de la comunidad educativa, han hecho del estudiante un sujeto activo con deberes y derechos que toma parte en el proceso educativo (Corte Constitucional, Sentencia SU-641 de 1998).

15 La Convención sobre los Derechos del Niño de la ONU y que entró en vigor en 1990, incluyó la necesidad de prohibir el castigo físico. En su art. 28.2 señala: Los Estados Partes adoptarán cuantas medidas sean adecuadas para velar por que la disciplina escolar se administre de modo compatible con la dignidad humana del niño y de conformidad con la presente Convención.

16 En Colombia, la Ley 115 de 1994 en su art. 87 señala sobre el reglamento o manual de convivencia que “los padres o tutores y los educandos al firmar la matrícula correspondiente en representación de sus hijos, estarán aceptando el mismo”.

La Corte reconoce que las instituciones escolares pueden fijar reglas de higiene y orientar aspectos que tocan con la apariencia personal según el contexto educativo, pero dichas reglas no pueden ser desproporcionadas y afectar en alto grado el derecho fundamental al libre desarrollo de la personalidad. En esa medida, si un determinado corte de cabello o la forma en que se porta un uniforme, no implica la afectación de los derechos de otros participantes del proceso, no se puede predicar una afectación que permita restringir un derecho constitucional. Para la Corte, la protección del libre desarrollo de la personalidad, y con ella de la construcción de la apariencia personal, "implica la imposibilidad de exigir determinados modelos de personalidad admisibles frente a otros que se consideran inaceptables o impropios" (Corte Constitucional, Sentencia T- 349 de 2016).

El segundo escenario está referido las disposiciones que en los manuales incluyen sanciones ligadas a la orientación sexual o a las manifestaciones de afecto al interior de las instituciones. Frente a estos casos, la Corte consideró que la garantía del libre desarrollo de la personalidad y la intimidad frente a la orientación sexual debe reforzarse en las instituciones escolares,

pues los menores de edad tienen el derecho de ser formados en espacios democráticos y plurales. Así, la prohibición de discriminación por razón de género o de orientación sexual es absoluta y ningún tercero, ya sean otros estudiantes o las autoridades del colegio, pueden perseguir o amedrentar a los estudiantes que deciden asumir voluntariamente una opción sexual diversa (Corte Constitucional, Sentencia T-478 de 2015).

El tercer escenario está integrado por faltas en donde se sanciona a los estudiantes que han optado por la conformación de familia, bien sea porque se trate de estudiantes que son padres o madres o que hayan decidido iniciar vida en pareja. En estos casos, las sanciones incluían la desescolarización o el cambio de jornada de los estudiantes. La Corte consideró que en estos casos se vulneraba el libre desarrollo de la personalidad, el derecho a la intimidad y la libertad de conciencia. Frente a casos de este tipo, la Corte considero que

en los cambios que conciernen a la vida privada, ninguna institución, ni pública ni particular, puede erigirse en autoridad

para desestimar o desconocer las decisiones autónomas de un individuo respecto de la unión amorosa, sentimental, matrimonial o de convivencia familiar que desee establecer (Corte Constitucional, Sentencia T-772 de 2000).

El último escenario lo configura el grupo de sanciones al consumo de sustancias psicoactivas. En este caso, que resulta altamente sensible, la Corte privilegió la consideración de los estudiantes consumidores como sujetos especiales de protección que no deben ser sancionados, pues algunas instituciones optaban por desescolarizarlos, sino que debe buscarse su protección. Así, la Corte armoniza sus pronunciamientos con otros en los que se desplaza la vía sancionatoria por medidas formativas centradas en el cuidado. Para la Corte:

La prohibición de portar y consumir droga dentro del recinto escolar tiene naturaleza correctiva, no penal, y pretende proteger los intereses de todos los menores que acuden a la institución, sin que ello implique imponer un modelo de virtud al individuo como tal, lo cual resultaría incompatible con el reconocimiento constitucional a la autonomía personal y el pluralismo protegidos por los artículos 1°, 7°, 16, 17, 18, 19 y 20 Superiores (Corte Constitucional, Sentencia T-1233 de 2003).

En estos casos se observan que las instituciones fijan sanciones para frenar conductas desvaloradas, algunas de ellas en las que se privilegia una expectativa de rol (los hombres no usan cabello largo), de virtud (las mujeres no tienen hijos antes del matrimonio), del cuidado (las personas no deben atentar contra su salud) o de la orientación sexual (las personas deben ser heterosexuales), que privilegia patrones heteronormativos. Muchas de esas reglas se fundan en criterios estereotipados y en un ideal perfeccionista (desde la moral hegemónica), paternalista y patriarcal de lo que se espera de los estudiantes.

La resistencia de los estudiantes frente a dichas reglas, que fueron consideradas en muchos casos carentes de idoneidad frente a los fines perseguidos, innecesarias y desproporcionadas, terminaron generando decisiones en donde la Corte Constitucional privilegió la garantía de la formación para la autonomía, la individualidad e identidad y el respeto por el pluralismo, atributos que se ven desdibujados en un sistema educativo marcado por el logro de competencias, estándares y una visión normalizada del buen emprendedor que satisface los fines del mercado.

■ Conclusiones

El sistema educativo en general parece representar un modelo de individuo egoísta que se asemeja, sin ser igual, al defendido por el liberalismo clásico, pero mucho más al ejercicio del poder público en las democracias de posguerra (Fromm, 1981).

Llama la atención que nuestro modelo educativo, si bien ahonda en esta idea egoísta, tampoco cae del todo en sus redes, pues intenta equilibrar, aunque no con la fuerza que le introduce a la subjetividad, un sentimiento de cooperación, en tanto que forma parte de nuestra historia común el principio de solidaridad. Sin embargo, esos ánimos de formación en cooperación en la mayoría de las escuelas, como lo dijimos antes para los saberes humanistas y críticos, son iniciativas que poco peso tienen para equilibrar la balanza. Todo esto explica por qué las personas que pueden permitirse escoger prefieren un servicio educativo que brinde competencias laborales para el mercado laboral sobre otras competencias, como las críticas, las humanistas y las solidarias, las cuales son vistas, a lo sumo en la oferta educativa, como valores agregados, pero no necesarios.

Ciertas prácticas educativas favorecen el capitalismo contemporáneo y, por tanto, el neoliberalismo como racionalidad económica que permea todas las instancias de la vida. En la reflexión propuesta nos enfocamos especialmente en la privatización de la educación, en la formación de competencias y en la formación en emprendimiento, que son tres ejemplos, de muchos posibles, de una educación que, al enfocarse en la formación de un agente individualista económico capaz de estar en el mercado laboral, altamente competitivo, deja de lado, o simplemente apenas perfila, la formación de un agente moral y político que pueda subvertir el egoísmo atomista para favorecer una solidaridad comunitaria. Tal vez así se cumple una vez más que el sistema capitalista no precisa de individuos cultivados (pensamiento crítico-reflexivo y cultura general); solo de hombres formados en terrenos tecnoespecíficos que se ciñan al esquema productivo sin cuestionarlo; es decir, de la implementación del *homo oeconomicus*.

Sin embargo, el modelo no ha escapado de importantes tensiones, como es el ejemplo de las disputas normativas y judiciales en torno a la aplicación de los manuales de convivencia, donde se ve que la escuela es un campo de batalla más allá de la pedagogía, siendo además un

escenario de conflictos entre agentes educativos y cosmovisiones políticas y económicas que es necesario dilucidar en su manifestación más original.

¿Cuál es el papel de la escuela que se va quedando sin atributos frente a la racionalidad económica? ¿Qué papel ha tenido la intervención de los jueces? Brown advierte: “La supervivencia de la democracia depende de un pueblo educado para ella, lo que conlleva resistirse a la neoliberalización de sus instituciones y de ellos mismos” (2016, p. 161). Si la jurisprudencia puede valorarse como un acto de resistencia frente a un modelo que busca eliminar los individuos y permite orientar y transformar las prácticas descritas en pro de niños y niñas más felices, solidarios y críticos, puede considerarse que la escuela tiene esperanza, en la medida que dicha jurisprudencia desecha la tesis de un ideal único de ser persona e invita al reconocimiento de la diversidad y de la pluralidad.

Si la formación para la competencia, el éxito y el emprendimiento diluyen la individualidad de los estudiantes al hacerse predominar la racionalidad económica, los debates contra los reglamentos escolares cuestionan a las instituciones escolares que buscan sujetos homogéneos y obedientes. Pero ¿en qué sentido la jurisprudencia de la Corte Constitucional puede concebirse como una herramienta contra la racionalidad impuesta por el neoliberalismo en la escuela? En primer lugar, podría valorarse que los actos de rebeldía contra los manuales constituyen actos de individuación, de afirmación de la libertad, de búsqueda de la autonomía crítica, en donde niños, niñas y adolescentes se puedan mostrar en desacuerdo frente a las reglas que imponen una apariencia personal, una forma de ser niño o niña o de constituir familia, por dar tres casos. Ese sentido se expresa en las consideraciones de la jurisprudencia constitucional cuando el Alto Tribunal interpreta que niños, niñas y adolescentes “son una libertad en formación, que merece una protección constitucional preferente” (Corte Constitucional, Sentencia T-551 de 1999). En segundo lugar, la jurisprudencia permite evidenciar una apuesta por abandonar un modelo heterónimo y construir un modelo autónomo. Esto se visibiliza cuando la jurisprudencia señala, producto de la revisión de la forma en que se construyen los reglamentos escolares, que estos solo pueden ser considerados legítimos si en su construcción participan todos los miembros de la comunidad académica, haciendo con ello un llamado a la deliberación para la construcción del consenso, sin desconocer la posibilidad de estar en desacuerdo y renovar los pactos.

Este aspecto garantiza no solo el respeto por las normas impartidas por la comunidad y su necesario cumplimiento, sino también la posibilidad de disentir, debatir y participar en el contexto educativo, tal y como la Constitución Nacional lo autoriza y reclama (Corte Constitucional, Sentencia T-124 de 1998).

En tercer lugar, buena parte de la jurisprudencia analizada puede valorarse como un reconocimiento por la diversidad y la pluralidad, en donde no todos los estudiantes tienen las mismas expectativas ni persiguen los mismos fines. En las respuestas de las instituciones frente a las acciones de tutela en su contra, muchas manifestaban frente a las reglas acusadas de violar derechos, que su “interés era tratar de formar hábitos correctos de higiene, moral y disciplina” a partir de lo que la escuela pregonaba como necesario y correcto. La jurisprudencia ha valorado como finalidad del proceso educativo “propender por la igualdad en la diferencia, por el respeto a la singularidad de cada uno de sus asociados y por la reivindicación de su condición de sujetos libres y autónomos, titulares de derechos fundamentales” (Corte Constitucional, Sentencia T-101 de 1998). En este sentido, la invitación de la jurisprudencia pareciera sugerir que la escuela debería privilegiar nuevamente saberes que pueden ser despreciados por el emprendimiento, pero que son necesarios para la democracia, pues la formación de autonomía requiere de pensamiento crítico y de capacidad dialógica.

Ahora bien, pese a que lo expuesto refleja buenas razones para valorar de forma positiva la jurisprudencia constitucional, dicha intervención judicial y la juridización de las relaciones cotidianas entre los actores del sistema educativo, no necesariamente han sido bien vistas por maestros, directivos y algunos padres quienes reclaman una pérdida de autonomía en la toma de decisiones. Las tensiones que se generan en la escuela por la intervención judicial también obligan a pensar otros mecanismos de gestión del conflicto, transformaciones en los modelos de autoridad y recentrar el proceso de formación en lo pedagógico. Es posible que cuando lo formativo y no lo punitivo sea el centro del debate, puedan desaparecer las togas de las aulas.

■ Reconocimientos

El presente texto es resultado del proyecto de investigación titulado “Las nociones de democracia que subyacen en la jurisprudencia de la Corte Constitucional colombiana,

comprendida en el período 1998-2015, referida a la protección de los derechos fundamentales de los estudiantes ante las medidas sancionatorias - pedagógicas contenidas en los manuales de convivencia en las instituciones escolares”. Este proyecto es adelantado por el grupo de investigación Politeia de la Escuela de Filosofía de la Universidad Industrial de Santander y el grupo de investigación en Teoría del Derecho y formación jurídica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. El proyecto es financiado mediante convocatoria interna de la Vicerrectoría Académica de la Universidad Industrial de Santander y se identifica con el código 924.

■ Referencias

- Arbeláez, R., Corredor, M., & Pérez, M. (2009). *Concepciones sobre competencias*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Aristizábal, M., & López, M. E. (2014) Resistencia vs. Norma: la convivencia escolar en cuestión. En *Entre luces y sombras: convivencia escolar y malestar docente*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Breman, J. (2013). La exclusión social en el contexto de la globalización. En P. Chaves, C. Prieto y R. Ramírez (Eds.). *Crisis del capitalismo neoliberal, poder constituyente y democracia real* (pp. 61-104). Madrid: Traficantes de Sueños.
- Brown, W. (2007). *Les habits neufs de la politique mondiale. Néoliberalisme et Néoconservatisme*. Paris: Les prairies ordinaires.
- Brown, W. (2005). Neoliberalism and the end of liberal democracy. En W. Brown, *Edgework: Critical essays on knowledge and politics* (pp. 37-59). Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Brown, W. (2016). *El pueblo sin atributos. La secreta revolución del neoliberalismo*. Barcelona: Malpaso Ediciones.
- Calderón, O. (2018). Conflicto discursivo sobre educación: neoliberales, críticos y docentes en formación. *Educación y Ciudad*, 34, 167-176.
- Corte Constitucional de Colombia. (1998). Sentencia SU-641/1998.
- Corte Constitucional de Colombia. (1998). Sentencia T-101/1998.
- Corte Constitucional de Colombia. (1998). Sentencia T-124/1998.

- Corte Constitucional de Colombia. (1999). Sentencia T-551/1999.
- Corte Constitucional de Colombia. (2000). Sentencia T-772/2000.
- Corte Constitucional de Colombia. (2003). Sentencia T-1233/2003.
- Corte Constitucional de Colombia. (2013). Sentencia T-565/2013.
- Corte Constitucional de Colombia. (2015). Sentencia T-478/2015.
- Corte Constitucional de Colombia. (2016). Sentencia T-349/2016.
- Denning, M. (2013). La vida sin salario tras la crisis del capitalismo y los nuevos movimientos de los trabajadores. En P. Chaves, C. Prieto y R. Ramírez (Eds.). *Crisis del capitalismo neoliberal, poder constituyente y democracia real* (pp. 109-125). Madrid: Traficantes de Sueños.
- Dieterich, H. (2004). Globalización y educación: la realidad. En N. Chomsky y H. Dieterich, *La sociedad global*. México: Joaquín Mortiz.
- Doncel, J., & Leena, M. (2012). *Las competencias básicas en la enseñanza. Fundamentación, enseñanza y evaluación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Fernández, N. (2017). La lucha simbólica por la educación en la globalización neoliberal. *Revista Brasileira de Educação*, 22(71), 1-23.
- Fromm, E. (1981). *El miedo a la libertad*. (Trad. Gino Germani). Barcelona: Paidós.
- Guevara, C. (2016). Las encrucijadas del emprendimiento. *Le Monde Diplomatique* (pp. 9-10).
- Han, B.-Ch. (2014). *Psicopolítica: neoliberalismo y nuevas técnicas de poder*. (Trad. Alfredo Bergés). Barcelona: Herder Editorial.
- Hegel, G. F. (1968). *Filosofía del derecho. Introducción de Carlos Marx (1844)*. (Trad. Angélica Mendoza). Buenos Aires: Claridad.
- Hobbes, T. (1989). *Leviatán; La materia forma y poder de un estado eclesiástico y civil*. Madrid: Alianza.
- Hume, D. (1984). *Tratado de la naturaleza humana*. (Félix Duque, trad.). Buenos Aires: Orbis.
- Locke, J. (2004). *Segundo Tratado sobre el Gobierno Civil. Un ensayo acerca del verdadero origen, alcance y fin del Gobierno Civil*. (Trad. Carlos Melliz). Madrid: Alianza.
- Maldonado, C. (2017). Ciencia y tecnología para el futuro. *Le Monde Diplomatique* (pp. 34-35).
- Marx, K. (1975). *El capital: crítica de la economía política*, vol. I. (Trad. Wenceslao Roces). México: Fondo de Cultura Económica.
- Michéa, J. C. (2009). *La escuela de la ignorancia y sus condiciones modernas [1999]*. (Trad. Isabelle Marc Martínez). Madrid: Ediciones Acuarela.
- Nussbaum, M. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Orozco, L. (2016). *Educación superior en Iberoamérica. Informe 2016. Informe nacional: Colombia*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Pachón, D. (2017). Colciencias, la investigación y la filosofía. *Le Monde Diplomatique*, Colombia, p. 36.
- Restrepo, M. (2012). Adaptación del modelo de Estado y del derecho nacional a la globalización económica y compatibilización con la vigencia del estado social de derecho. *Opinión Jurídica*, 11(21), 73-82.
- Revista Semana. (07/05/1993). *Cinco en tutela*. Recuperado de <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/cinco-tutela/20142-3>.
- Rodríguez, E. (2012). Globalización jurídica y su impacto en el derecho interno. *Opinión Jurídica*, 11(22), 145-160.
- Stiglitz, J. (2012). *El precio de la desigualdad. El 1% de la población tiene lo que el 99% necesita*. (Trad. Alejandro Pradera). Bogotá: Taurus.
- Taylor, J. (2016). *The underground history of American education*. © Copyright John Taylor. Available in <https://cdn.greathomeschoolconventions.com/free/Underground-History-of-America-Education.pdf>.
- Valencia, G., & Arango, J. (1998). La educación superior: crecimiento y desarrollo. Calidad, financiamiento y eficiencia en Colombia. *Lecturas de Economía*, (49), 115-163.
- Vásquez, F. (2009). Impacto de la globalización en el mundo jurídico. *Opinión Jurídica*, 8(15), 17-28.
- Walzer, M. (2001). *Las esferas de la justicia*. México, Fondo de Cultura Económica.

Acerca de la **Revista Logos Ciencia & Tecnología**

■ POLÍTICAS

Enfoque y alcance

La *Revista Logos Ciencia & Tecnología* tiene como objetivo difundir y divulgar los resultados científicos de investigación desde diferentes disciplinas sobre temas relacionados con la *policía* (investigación criminal, inteligencia, prevención, gerencia del servicio y soporte), sus *procesos tecnológicos* en contextos locales e internacionales, la *convivencia* y la *seguridad* (pública o privada).

Es una revista de la Policía Nacional de Colombia que comenzó su circulación desde 2009 y se ha publicado de manera ininterrumpida como publicación semestral hasta 2017 (tuvo una edición especial en 2017). En 2018, se publicó números seriados trimestrales (enero, abril, julio y octubre) y cuatrimestral a partir de 2019 (enero, mayo y septiembre).

Cada número se edita en versión electrónica en la página web www.revistalogos.policia.edu.co.

Todo artículo postulado para publicación debe ser original e inédito, y no estar postulado simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales. La *Revista* somete todos los artículos que recibe en sus convocatorias a una herramienta de detección de plagio. Cuando se detecta total o parcialmente plagio (sin la citación correspondiente), el artículo no se envía a evaluación y se notifica a los autores el motivo del rechazo.

En todas las secciones de la *Revista*, se dará preferencia a los artículos que sean particularmente relevantes para contribuir al desarrollo de las policías, alcanzar equidad, competitividad, contribuir a la convivencia, seguridad ciudadana, posconflicto, innovación y calidad de los servicios policiales en los diferentes contextos.

Los autores pueden publicar editoriales, artículos originales de investigación científica y tecnológica, artículos teóricos, artículos de revisión y estudios de caso.

Los manuscritos aceptados quedan en propiedad de la *Revista*. No obstante, como esta se acoge a la política de acceso abierto a la publicación científica, permite su copia y distribución siempre que tenga el reconocimiento de sus autores. Así, mantiene una licencia de tipo Creative Commons Attribution 4.0 International License.

La *Revista* se reserva el derecho de introducir modificaciones de estilo o acotar los textos que lo precisen, con el compromiso de respetar el contenido original.

La *Revista* no contiene ni acepta materiales publicitarios, no se responsabiliza de las opiniones ni criterios de los autores, ni acepta trabajos que hayan sido publicados previamente o estén bajo la consideración del Consejo Editorial de otra revista nacional o extranjera.

Es una revista con acceso abierto y gratis para la comunidad científica. No cobra por el envío de artículos ni tampoco por su lectura.

La información proporcionada en la *Revista* ha sido planteada para apoyar, no reemplazar, la relación que existe entre los ciudadanos/visitante de este sitio web y su entorno.

Los contenidos de cada número se visualizarán en los meses de enero, mayo y septiembre. El tiempo estimado para procesos de revisión y aceptación de artículos comprende entre dos y seis meses; si el tiempo de recepción del artículo y su aceptación supera los seis meses, de acuerdo con la calidad y evaluación realizada por pares, será considerado para ser publicado en un número posterior.

La *Revista* tiene un alcance internacional y se encuentra incluida en Publindex (categoría B), ProQuest, EBSCO Fuente Académica, Google Scholar, Redalyc, Dialnet, Latindex, DOAJ, CLASE, REDIB, ERIH PLUS, Emerging Sources Citation Index, MIAR, WorldCat, NSD, Scilit, SRG Index, Crossref, OASPA, JournalTOCs, SHERPA/RoMEO, LatinREV, VUB Bibliotheek y CRUE.

Todos los artículos serán publicados en idioma español con resúmenes en inglés, español y portugués. Asimismo, cuentan con un número de identificación DOI (por sus siglas en inglés), que, de acuerdo con las políticas editoriales internacionales, debe ser citado por los autores que utilizan los contenidos.

Políticas de sección

Editorial

Podrá ser de contenido científico o de opinión en las áreas de las ciencias sociales. El editorial científico supone una puesta al día rigurosa o una puntualización interesante sobre determinado asunto. El editorial de opinión recoge puntos de vista o posicionamientos sociocientíficos de la comunidad académico-científica sobre un constructo o asunto de interés común de investigadores y profesionales.

El editorial se hará por encargo del Comité de Redacción de la *Revista*. Tendrá una extensión máxima de seis páginas que podrán incluir hasta cinco tablas o figuras.

Abrir envíos

Indizado

Evaluado por pares

Artículos de investigación/Artículos originales

De acuerdo con su naturaleza, los artículos de investigación son documentos que presentan en detalle los resultados originales de proyectos de investigación terminados. En general, la estructura debe contener seis apartados básicos: introducción, metodología, resultados, discusión de resultados, conclusiones y referencias.

Presentación de artículos

Los autores que deseen presentar artículos resultado de investigación a la *Revista* deberán enviar una versión anónima de su artículo, en formato Word, a través de <http://revistalogos.policia.edu.co/index.php/rlct/author/submit/1>.

El envío en línea del artículo permite una comunicación más fácil entre el autor y el Comité Editorial, además de una evaluación más oportuna. No obstante, para asegurar el envío, los autores deben remitir adjunto al correo electrónico dinae.logosct@policia.gov.co el artículo, la información de autores, el formato de cesión de derechos y la originalidad de aquel.

La responsabilidad del contenido de los artículos recae solo en sus autores. Cuando un artículo resultado de investigación es enviado para su posible publicación, se entiende que no fue publicado ni está siendo considerado por otra revista.

El manuscrito

Los artículos deben elaborarse a espacio sencillo, letra Times New Roman tamaño 12, con márgenes de 2,54 cm cada una. El texto deberá tener una extensión entre 5000 y 10 000 palabras, incluidos los resúmenes, las palabras clave, las referencias, las tablas y figuras. Todas las páginas deben estar enumeradas consecutivamente. Los títulos y subtítulos deben ser cortos e informativos.

El texto debe ser escrito en un lenguaje académico accesible a públicos de diferentes disciplinas.

Página de título

Una primera página deberá contener el título, el(los) nombre(s) del(los) autor(es), la filiación o institución a la que pertenece(n) o su cargo, último título profesional, dirección completa de correo y correo electrónico. En el caso de estar disponible, también se debe incluir el Orcid (por sus siglas en inglés) y el enlace a Google Scholar. Esta información que identifica al autor debe incluirse en un pie de página sin seguir la numeración consecutiva de estos, sino con un asterisco (*). La dirección de correo electrónico es utilizada para la correspondencia y corrección de pruebas. Asimismo, debe registrar información referente a tipo y número de documento de identidad, lugar y fecha de nacimiento, y formación académica.

Criterios de autoría: el nombre y los apellidos de cada uno de los autores debe indicarse por orden de prelación (el número deberá estar justificado por el tema, su complejidad y su extensión, de modo que es la media del área tres autores). Las colaboraciones no deben incluir personal de apoyo como encuestadores. Es obligatorio indicar si se posee el grado académico de doctor (incluir Dr./Dra. delante del nombre). La firma académica (nombre) ha de estar normalizada conforme a las convenciones internacionales para facilitar la identificación en las principales bases de datos.

Los autores deben asegurarse de que la cuenta (o el servidor) del correo electrónico que se use para comunicarse con la *Revista* no envíe a mensajes no deseados (*spam*) o bloquee los mensajes enviados por el sistema editorial.

Resumen y palabras clave

El manuscrito deberá incluir en su primera página un resumen del artículo en español y *abstract* en inglés; la clasificación tendrá máximo siete palabras clave en español e inglés. Los descriptores por área en EconLit de la clasificación JEL (por sus siglas en inglés) para artículos pueden consultarse en la página web <https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php>. Para la verificación de las palabras claves en la base Thesaurus, pueden consultar la página web <http://databases.unesco.org/thesaurus/>. En caso de no encontrarse alguna palabra, debe hacerse explícito escribiendo “Palabras clave del autor”. Cada resumen será de tipo analítico, no deberá exceder las 200 palabras, ni contener ecuaciones ni referencias. El resumen analítico es aquel que presenta tanto como sea posible la información cuantitativa y cualitativa de un texto, su finalidad, su alcance, métodos, resultados, conclusiones y recomendaciones, así como una clara condensación de la investigación original.

Los autores deben asegurarse de que tanto el resumen como el *abstract* entreguen la misma información. Dado que las palabras clave son las marcas que los buscadores utilizan para encontrar artículos en Internet, se recomienda que se escojan palabras que no formen parte del título y que resalten los principales aspectos del artículo. Se recomienda asimismo revisar los términos y las jerarquías en los listados bibliográficos (Thesaurus y JEL).

Abreviaciones

Cualquier abreviatura utilizada en el artículo deberá escribirse de manera completa la primera vez que sea mencionada, seguida de su correspondiente abreviación entre paréntesis.

Notación matemática

Las ecuaciones o fórmulas deben ir alineadas al centro con numeración arábica consecutiva encerrada entre paréntesis a su derecha. Asimismo, deben contar con los respectivos subíndices, superíndices y letras griegas claramente especificadas.

Tablas y figuras

Las tablas y figuras seguirán la numeración arábica y en lo posible usando títulos cortos y explicativos del contenido presentado. Se debe utilizar el término “Tabla” para todas las tablas y “Figura” para todas las gráficas, fotografías, ilustraciones o mapas. Cuando se envíe el artículo a la *Revista*, se deben adjuntar además en archivos separados las tablas y las figuras en Excel o, en su defecto, en PDF. Si el artículo trae fotografías, estas deben suministrarse en archivos independientes en JPG, TIFF o EPS, a mínimo 300 PPI y al tamaño final en que van a ser publicadas. El formato de publicación de la revista en medio impreso que involucra el contenido del artículo es de 11,5 × 18,5 cm y el tamaño total de las páginas de 17 × 24 cm. Las tablas y figuras podrán estar dentro del artículo o alternativamente al final de este, siempre y cuando se especifique en el artículo su localización.

Agradecimientos

Una vez el artículo sea aceptado por el Comité Editorial, los autores deberán incluir una sección que se llame agradecimientos, después de las conclusiones y antes de

las referencias. Esta debe contener de manera obligatoria la siguiente información: si la investigación recibió financiación de alguna institución, se debe señalar la fuente y, si es posible, la información referente a la beca, contrato o proyecto de donde provienen los recursos. Si la investigación no se asocia a ninguna fuente de financiación, debe hacer explícito que no obtuvo recursos institucionales. Adicional y optativamente, en esta sección se pueden incluir agradecimientos a evaluadores o agradecimientos personales, si el(los) autor(es) lo desea(n).

Referencias

En la lista de referencias, se deben incluir todas las referencias citadas en el artículo y todas ellas deben estar citadas en él. Estas deben ser emitidas por fuentes autorizadas como organizaciones de prestigio reconocidas por los organismos nacionales o internacionales; revistas científicas nacionales o internacionales que permitan consultar los datos de los artículos a través de internet, en bases de datos o directamente en el sitio de la propia revista científica; o libros y otros documentos que ofrecen elementos que identifiquen a autores o editores responsables del contenido utilizado. Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL para las referencias.

Las referencias estarán actualizadas. Su número no excede las sesenta citas para artículos de investigación.

El artículo seguirá el modelo de citación estándar elaborado por la Asociación Estadounidense de Psicología (APA, por sus siglas en inglés). Cuando se cite un autor en el artículo, el estilo de la referencia tendrá en general la siguiente forma: Apellido (año) cuando el apellido del autor forme parte de la redacción, ejemplo: Robinson (2015); (Apellido, año) cuando el apellido y la fecha de publicación no forman parte de la redacción del artículo, ejemplo: (Robinson, 2015); si hay más de un artículo por autor para el mismo año, se citará con una letra en secuencia seguida del año, ejemplo: (Robinson, 2015a, Robinson, 2015b, etc.). Para mayor información, por favor, consultar las normas APA (sexta versión).

Las referencias serán listadas al final del artículo en orden alfabético. Todas las citas deben aparecer en la lista de referencias y todas ellas deben ser citadas en el artículo.

En la lista final de referencias, se seguirá el siguiente esquema:

- a) Para artículos: apellido de cada autor, inicial del nombre del autor, año de publicación (entre paréntesis), título del trabajo (sin comillas), nombre de la revista (en cursiva), el volumen (en cursiva) y el número (en cursiva y entre paréntesis), página inicial-página final del artículo y DOI.
- b) Para capítulos en libros: apellido de cada autor, inicial del nombre del autor, año de publicación (entre paréntesis), título del capítulo (sin comillas ni cursivas), apellido e inicial del nombre del editor, título del libro (en cursiva), páginas del capítulo (entre paréntesis), ciudad de publicación y editorial.
- c) Para libros: apellido de cada autor, inicial del nombre del autor, año de publicación (entre paréntesis), título del libro (en cursiva), ciudad de publicación y editorial.

Evaluación

Cada artículo que se recibe para su eventual publicación es revisado preliminarmente según los objetivos y la Política Editorial de la *Revista*, los estándares mínimos de calidad académica, la originalidad y de acuerdo con los requerimientos definidos en directrices para los autores. Los artículos que cumplan con estas condiciones serán sometidos a mínimo dos evaluadores anónimos, del grupo de árbitros de la *Revista*. Los comentarios de los jurados a los artículos serán conocidos por los autores. El Comité Editorial hará conocer a los autores su decisión de aceptación o rechazo del artículo para la correspondiente edición.

Durante la evaluación, tanto los nombres de los autores como los de los evaluadores se mantienen en el anonimato. El resultado de la evaluación le será comunicado al autor en un periodo de máximo seis meses a partir de la fecha de recepción del artículo. En caso de superar este plazo, el Equipo Editorial informa al autor sobre esta situación. La decisión final de publicar o rechazar los artículos es tomada por el Equipo Editorial, según los informes presentados por los evaluadores; esta decisión es comunicada al autor por medio de un concepto escrito emitido por el editor de la *Revista* (aprobado, aprobado con modificaciones, aprobado con modificaciones importantes o rechazado).

Autorización de derechos

Los autores de artículos aceptados deberán diligenciar el formato de autorización de uso de derechos de propiedad intelectual. Todos los coautores también deberán firmarlo, en una copia o en copias separadas. La autorización incluye el formato o soporte material, y se extiende a la utilización en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos del ejemplar o número respectivo de la publicación. El alcance de esta autorización permite incorporar títulos, autores, resúmenes, palabras clave y los textos completos de los artículos en bases de datos o páginas electrónicas nacionales o internacionales de publicaciones seriadas.

Pruebas y copias complementarias

Al ser el artículo aprobado para su publicación, las pruebas serán enviadas al autor para su correspondiente corrección de estilo. Cuando la *Revista* entre en circulación, cada autor y coautor recibirá vía correo electrónico el archivo en medio magnético del artículo y por correo certificado dos ejemplares de cortesía de la *Revista* en la que su artículo fue publicado.

Abrir envíos Indizado Evaluado por pares

Artículos teóricos

Artículos que comprenden cuestiones teóricas, metodológicas y epistemológicas en las ciencias sociales. La *Revista* busca contribuir a la consolidación de este campo de estudios, con el estímulo a las investigaciones y reflexiones teóricas. Los artículos que se presentan poseen rigor científico y solidez teórica, y adoptan las normas académicas internacionales de publicación. Se distinguen ejes temáticos:

Problemas y limitaciones en el desarrollo investigativo. Artículos que analicen y reflexionen sobre las condiciones estructurales de diferentes campos de estudio, su historia con categorías y estructuras de investigación que provienen de su surgimiento como campo de estudio.

Enfoques y perspectivas epistemológicas. Artículos que contribuyan a los debates sobre la diversidad y las características de enfoques y perspectivas que se despliegan en el desarrollo de las investigaciones, dado que existe una importante literatura teórica sobre los enfoques y las perspectivas en ciencias sociales, pero pocos debates teóricos sobre los enfoques en un campo específico.

Metodologías para el análisis y la investigación en políticas. Se reciben artículos que discuten fundamentos y usos de diversas metodologías y procedimientos de investigación.

Historia de un campo de estudio. La historia del campo teórico contribuye de modo sustancial a comprender los desafíos actuales de la investigación en un área específica. Particularmente, se busca recibir artículos que analicen cómo se desplegaron desde sus orígenes las principales matrices teórico-epistemológicas, publicaciones, autores referentes, en los diversos países o regiones.

Investigación analítica de autores referentes. Se centra en analizar críticamente los aportes teóricos, metodológicos y epistemológicos de autores referentes en el ámbito nacional o mundial. Esto incluye referentes reconocidos por su trayectoria o nuevos referentes que llevan a cabo modelos de investigación innovadores.

Producción de conocimiento y toma de decisiones en perspectiva epistemológica. Posibles modelos teóricos de vinculación entre investigadores y tomadores de decisiones.

Epistemología, política educativa y realidad. Propuestas de desarrollo y mejoramiento de escenarios, sentido de los estudios, que discutan y reflexionen sobre las bases epistemológicas propias de una región.

Abrir envíos

Indizado

Evaluado por pares

Estudio de caso

De acuerdo con su naturaleza, los estudio de caso son artículos de investigación que presentan en detalle los resultados originales de proyectos de investigación en un contexto específico u orientado a una persona, comunidad, entidad o población con características específicas.

En general, la estructura debe contener seis apartados básicos: introducción, metodología, resultados, discusión de resultados, conclusiones y referencias.

Abrir envíos

Indizado

Evaluado por pares

Artículos de revisión

Artículo resultado de una investigación terminada en la que se analizan, sistematizan e integran resultados de investigaciones publicadas o no publicadas sobre un campo en ciencia o tecnología, con el propósito de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica.

No se restringirá la extensión máxima de los trabajos. Opcionalmente, el trabajo podrá incluir tablas y figuras (que seguirán las mismas normas de los artículos originales).

Los artículos de revisión deben hacerse sobre la bibliografía más actualizada del tema en cuestión. Constarán de un pequeño resumen continuo; introducción breve, que incluye el objetivo de la revisión; el desarrollo, parte fundamental de la revisión; y las conclusiones, que deben sintetizar la esencia de la revisión y escribirse en un párrafo. Los autores harán la presentación del tema revisado de manera crítica y expresarán los criterios propios de su experiencia práctica. Nunca debe ser una simple transcripción de la bibliografía revisada.

Abrir envíos

Indizado

Evaluado por pares

Proceso de evaluación por pares

La *Revista* sigue la política de revisión por pares de los artículos enviados por los autores que cumplen las normas de publicación. En todos los casos, este proceso de revisión protege tanto a los autores como a los árbitros que revisan los manuscritos, mantiene un cuidado especial con las normas éticas establecidas y evita los conflictos de intereses. El Equipo Editorial de la *Revista* se reserva el derecho de rechazar los artículos que juzgue no apropiados para su publicación.

Asimismo, el Equipo Editorial acusará recibo a los autores de los trabajos que le sean remitidos. Cada artículo que se recibe para su eventual publicación es revisado preliminarmente según los objetivos y la Política Editorial de la *Revista*, los estándares mínimos de calidad académica, la originalidad y según los requerimientos definidos en directrices para autores.

Los artículos que cumplan con estas condiciones serán revisados de forma anónima por dos expertos del grupo de pares evaluadores (árbitros) de la *Revista*, del ámbito nacional o internacional, con conocimiento suficiente en el constructo u objeto de estudio o metodología empleada. Si estos están de acuerdo positiva o negativamente, se procede acorde con el veredicto. Si no hay consenso, el Comité Científico nombrará un tercer árbitro. Los comentarios de los jurados a los artículos serán conocidos por los autores.

Durante la evaluación, tanto los nombres de los autores como los de los evaluadores se mantienen en el anonimato. El resultado de la evaluación le será comunicado al autor en un periodo de máximo seis meses a partir de la fecha de recepción del artículo. En caso de superar este plazo, el Equipo Editorial informa al autor esta situación. La decisión final de publicar o rechazar los artículos es tomada por el Equipo Editorial, según los informes presentados por los evaluadores; esta decisión es comunicada al autor por medio de un concepto escrito emitido por el editor de

la *Revista* (aprobado, aprobado con modificaciones, aprobado con modificaciones importantes o rechazado).

En todos los casos, el Comité Editorial considerará el valor de los trabajos propuestos para el desarrollo de las ciencias sociales, la tecnología o innovación en ciencias que tenga mayor implicación en la sociedad colombiana y mundial, con independencia de la procedencia nacional o extranjera de los autores o de su pertenencia a una u otra organización.

Frecuencia de publicación

La *Revista* tiene una periodicidad cuatrimestral a partir de 2019, así: enero-abril, mayo-agosto, septiembre-diciembre.

Además, la *Revista* podrá publicar ediciones especiales a partir de convocatorias públicas o de concurrencia de trabajos temáticamente relacionados.

Política de acceso abierto

La *Revista* proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global de conocimiento.

Archivar

La preservación digital sigue directrices para la preservación del patrimonio digital elaborada por la Unesco (por sus siglas en inglés).

La *Revista* utiliza la red LOCKSS para crear un sistema de archivo distribuido entre bibliotecas colaboradoras, a las que permite crear archivos permanentes con fines de conservación y restauración (<https://www.lockss.org/>).

Indicaciones para la revisión

Cuando llega un artículo a la *Revista*, se acusa la recepción de inmediato. El Comité Editorial procede a revisar si cumple con los requisitos básicos exigidos (normas de citación y presentación formal), así como su pertinencia para figurar en una publicación (título, identificadores, objetivo, marco teórico, metodología, resultados, conclusiones y referencias) o plagio.

Posteriormente, los artículos que pasan este primer filtro son sometidos a un proceso de arbitraje a cargo de dos evaluadores externos a la institución, nacionales o internacionales, y al concepto del Comité Editorial. Durante la evaluación, tanto los nombres de los autores como los de los evaluadores se mantienen en el anonimato, y los resultados de la evaluación se informan en un plazo de dos a seis meses; en caso de superar este tiempo, la *Revista* se comunica con los autores.

Los pares utilizarán los formularios para revisar los artículos según la sección de la *Revista*. Cuando terminen la revisión del artículo, comunicarán a editor(es) de sección y Comité Editorial el resultado de esta. En todos los casos, deben completar el llenado de los formularios. Los criterios esenciales que se valoran para la publicación de un artículo son:

- Correspondencia con el perfil de interés de la publicación y sus lectores.
- Originalidad, oportunidad, novedad o vigencia del estudio propuesto.
- Importancia para la investigación o la práctica en el campo tratado.
- Calidad metodológica y del contenido del trabajo. Conclusiones basadas en los resultados y objetivos.
- Cumplimiento de las normas éticas.
- Calidad de la presentación (estructura y redacción).
- Adecuación, actualidad, valor y presentación de las referencias bibliográficas.
- Cumplimiento de las instrucciones para la presentación de los trabajos.

Los autores deben realizar los ajustes solicitados por los evaluadores y el Comité Editorial en el plazo que se señale. La *Revista* se reserva la última palabra sobre la publicación de los artículos y el número en el que se incluyen, lo que depende del cumplimiento en la entrega de la documentación solicitada.

Durante el proceso de edición, los autores pueden ser consultados por el Comité Editorial para resolver las inquietudes existentes. No obstante, la *Revista* se reserva el derecho de hacer correcciones menores de estilo. En el proceso de evaluación y de edición, el correo electrónico dinae.logosct@policia.gov.co constituye el medio de comunicación privilegiado con los autores.

Antes de que se haya publicado, los autores serán avisados por correo electrónico para que revisen su contenido y comunicarán al equipo de apoyo o al editor, con la mayor brevedad posible, si existen o no erratas en su texto.

La decisión final de publicar o rechazar los artículos se notifica por medio de un concepto escrito emitido por uno de los miembros del Comité Editorial o por el editor. Una vez publicado cada número, los autores de los trabajos en él recibirán información electrónica de la publicación.

Los autores o titulares de los artículos aceptados autorizan la utilización de los derechos patrimoniales de autor (reproducción, comunicación pública, transformación y distribución) a la Policía Nacional de Colombia, para incluir su artículo en la *Revista* (versión electrónica y versión impresa).

Creative commons

Creative Commons Attribution 4.0 International License.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Under the following terms:

- **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.
- **No additional restrictions** — You may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from doing anything the license permits.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Normas éticas

La *Revista* se acoge a políticas de transparencia, ética e integridad de la Policía Nacional de Colombia y al código de conducta y los lineamientos de mejores prácticas para los editores de revistas elaborados por el Committee on Publication Ethics (COPE). Asimismo, somete los originales publicados a un proceso de dictamen por pares académicos.

La *Revista* se acoge a los preceptos éticos en el trabajo académico aceptados internacionalmente por el COPE, que no admiten la presencia de conflictos de intereses que no son declarados, el plagio, el fraude científico, el envío simultáneo de documentos a varias publicaciones o los problemas de autoría no correspondiente.

La *Revista* publica estudios experimentales o cuasiexperimentales en seres humanos o estudios que vinculen niños o población vulnerable solo si estos estudios están aprobados por los órganos regulatorios competentes a nivel nacional o internacional.

Con el propósito de garantizar estándares internacionales de ética para publicaciones científicas, cuenta con el Comité de Ética que opera según los lineamientos de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Policía Nacional de Colombia. El Comité de Ética está conformado por el editor de la *Revista*, el gestor editorial y un representante del Comité Científico y del Comité Editorial.

- a. **En casos de conflicto de intereses.** Cuando el autor o evaluador identifique que hay un conflicto de interés, debe informarlo oportunamente a la *Revista* para analizar, verificar y dar solución a la situación. En caso de que editor sea autor (política Publindex), se delega a tercera persona “editor de sección” o director.
- b. El Comité Editorial no someterá a revisión ningún artículo en el que se identifique que hay conflicto de interés hasta dar solución a este. Si no es posible romper con el conflicto de interés, el artículo será retirado del proceso editorial.
- c. **Fe de erratas.** En caso de que se encuentre un error significativo en la publicación, el autor corresponsal, en conjunto con el Comité Editorial, publicarán una fe de erratas en el siguiente número de la *Revista*, o, acorde con la situación, considerar retirar el artículo.
- d. **Políticas de la *Revista* en caso de plagio.** En caso de detectarse una mala práctica, el Comité de Ética tendrá presente el código de conducta y los lineamientos de mejores prácticas para los editores de revistas elaborados por el COPE, consultado en http://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_Mar11.pdf
http://www.popcouncil.org/Frontiers/ScienceWriting/Spanish/PDFS_Spanish/I2_4.pdf.

En caso de identificar plagio en un artículo, este será retirado del proceso editorial, y se compulsará copia a la entidad correspondiente para que surta el proceso judicial pertinente.

La *Revista* siempre estará dispuesta a enmendar errores, dar aclaraciones y retractaciones, y presentar disculpas cuando sea necesario. De ninguna manera, no permitirá que se comprometan sus estándares éticos e intelectuales por presiones internas o externas a la publicación. Como forma de evitar el plagio y datos fraudulentos, no tendrá presentes traducciones de documentos o transcripciones de otros artículos, trabajos cortos o que todavía estén en proceso de investigación.

Todo el material que sea enviado a través del sistema OJS (por sus siglas en inglés) de la *Revista* o a través de correo electrónico solo se utilizará con el expreso consentimiento de los autores.

Normas éticas para autores

El autor debe garantizar que todas las citas presentadas en su artículo cuentan con el respectivo crédito académico.

Los autores deben garantizar que la información de su artículo es veraz y contiene toda la evidencia que soporta los datos y análisis presentados. Además, que todos aquellos que hagan aportes significativos figuren como autores.

Los autores deben firmar la declaración de originalidad en la que también certifican que toda la información está debidamente citada.

Los autores deben declarar que el artículo no fue publicado en otra revista ni en ningún otro medio de difusión. Este artículo no debe infringir derechos de autor o de propiedad intelectual con alguna persona o entidad.

La *Revista* se reserva el derecho de realizar rechazos directos, sin necesidad de consultar a terceros, por motivos de relevancia del tema, calidad científica o interés editorial particular.

La *Revista* espera que los autores cumplan con estas normas.

Normas éticas para editores

Es responsabilidad del editor, además de dar cumplimiento a todos los parámetros, auditar las obligaciones, los derechos y los deberes de los distintos miembros y participantes de la *Revista*, en sus distintas categorías.

Normas éticas del Comité Editorial

El Comité Editorial se compromete a mantener en anonimato la filiación e identidad de los autores y evaluadores.

El Comité Científico y el Comité Editorial es el encargado de aceptar los artículos que se publicarán, en atención a los parámetros editoriales de la *Revista* y el concepto de los pares evaluadores, así como de velar por la calidad y transparencia del proceso editorial.

El Comité Ético de la *Revista* decidirá cualquier conflicto ético.

Normas éticas para evaluadores

Todos los evaluadores se comprometen a guardar absoluta confidencialidad sobre la información contenida en los procedimientos y contenidos remitidos por la *Revista*. Deben abstenerse de divulgar o publicar información de los artículos que han aceptado evaluar o cualquier uso diferente de lo solicitado por la *Revista*.

El deber de confidencialidad no cesará con la culminación del proceso de evaluación. Solo se podrá citar el trabajo una vez este se encuentre publicado, con el uso debido de las normas para citación.

Los evaluadores, una vez indiquen su disposición y estar calificados para realizar el proceso de evaluación, se comprometen a emitir conceptos objetivos, respetuosos y con el debido soporte académico.

Tasas

La *Revista* es una revista científica *open access* que oferta toda su producción en abierto para la comunidad científica. Asimismo, no establece ninguna tasa económica durante todo el proceso editorial para la publicación de los artículos, incluso la revisión científica y su maquetación.

Solicitudes, peticiones, quejas, reclamos

Apreciado usuario:

Para nosotros es muy importante contar con usted. En procura de mejorar nuestros servicios y trámites que ofrecemos a nuestros grupos de interés, podrá registrar sus solicitudes, quejas, reclamos o sugerencias sobre temas de nuestra competencia a través de los siguientes canales de comunicación:

Atención telefónica: (57-1) 515 9000, ext. 9854

Atención personalizada o envío de solicitudes por escrito: transversal 33 # 47A-35 Sur. Dirección Nacional de Escuelas, Vicerrectoría de Investigación, Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia

Correo electrónico: dinae.logosct@policia.gov.co

Mayor información de contacto

Fechas de recepción y aceptación

Los artículos se reciben durante todo el año.

De acuerdo con el periodo de recibo de artículos, evaluación de pares externos y de publicación, se remiten conceptos o estado del artículo entre dos y seis meses a la fecha de recibo del artículo.

■ OTRO

Patrocinadores de la Revista

La *Revista Logos, Ciencia & Tecnología* es financiada por la Policía Nacional de Colombia.

Historial de la Revista

La *Revista Logos, Ciencia & Tecnología* nació como una iniciativa de la Vicerrectoría de Investigación de la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional de Colombia y comenzó su circulación desde el segundo semestre de 2009, y se ha publicado de manera ininterrumpida como publicación semestral hasta 2017 (tuvo una edición especial en 2017), en 2018 se publicó números seriados trimestrales (enero, abril, julio y octubre) y cuatrimestral a partir de 2019 (enero, mayo y septiembre).

Grupo editorial

Para garantizar la calidad y pertinencia de los contenidos publicados, la *Revista* cuenta con un grupo de trabajo conformado por un editor, un Comité Editorial, un Comité Científico, un Equipo Editorial y un Comité de Ética. Los miembros de los comités son seleccionados en función de su reconocimiento en el área y de su producción académica. El Equipo Editorial se compromete a examinar cada propuesta de publicación que reciba la *Revista*, para verificar su conformidad con los parámetros y con las políticas establecidos para la presentación de artículo y a que los evaluadores tengan información suficiente y actualizada sobre estos requerimientos.

Editor

Es el responsable por la gestión editorial de la *Revista*, que incluye coordinar todo el proceso hasta la indexación, en atención a la reglamentación vigente para la edición de revistas científicas.

Comité Editorial

Los miembros del Comité Editorial son los veedores de la calidad académica y científica que caracteriza a las publicaciones seriadas en el campo de la ciencia y la tecnología, de acuerdo con los criterios establecidos por Publindex y los construidos por SciELO y Latindex.

También es función del Comité Editorial apoyar al editor y editor de sección en la selección y publicación de contenidos, la revisión de los artículos y el nombramiento de pares evaluadores.

Este comité se encarga de la evaluación periódica de los procesos aplicados a la recepción, evaluación y aceptación de artículos y toma de decisión final sobre su publicación.

Comité Científico

Este comité está integrado por expertos en las áreas de conocimiento que atiende la *Revista*, quienes pertenecen a la academia nacional e internacional, y son reconocidos por sus publicaciones y su trayectoria como investigadores. Se encarga de sostener la calidad de la publicación y procura su mejoramiento y proyección.

Equipo Editorial

Apoya al editor en el cumplimiento de sus funciones. Entre sus funciones se incluyen ejecución del proceso editorial, revisión de cumplimiento de los criterios editoriales, corrección de estilo (limpiar y enriquecer el artículo, exactitud de ideas y los términos empleados), revisión ortotipográfica (revisión ortográfica y gramatical, sintaxis, jerarquización de títulos y presentación de los escritos, uso de mayúsculas y signos), traducción al inglés y portugués, corrección de pruebas, coordinación del proceso de diagramación, comunicación y orientación de autores y evaluadores, revisión de cumplimiento de los criterios de los sistemas de indexación y actualización de bases de datos, y gestión de la plataforma OJS y orientación a usuarios.

About **Revista Logos Ciencia & Tecnología**

■ GUIDELINES

Focus and scope

The objective of *Revista Logos Ciencia & Tecnología* is to disseminate and circulate results of scientific research from different disciplines on themes related to the *police* (criminal investigations, intelligence, prevention, service management and support) its *technological processes* in local and international contexts, *coexistence* and *security* (public and private).

The journal, published by The Colombian National Police, was first put into circulation in 2009 and was published uninterrupted biannually until 2017 (with a special issue in 2017). In 2018, various quarterly series were published (January, April, July and October) and in 2019 it is being published three times a year (January, May and September).

Each issue is published electronically on the webpage www.revistalogos.policia.edu.co.

Every article submitted for publication should be original and not have been published previously or submitted to other journals and publishing houses simultaneously. The journal uses a plagiarism detection tool for all articles received through calls for papers. When total or partial plagiarism is detected (where the corresponding reference is not included), the article is not sent for evaluation and the authors are notified of the reasons for the rejection.

In all of the journal's sections, preference is given to articles that are particularly relevant in their contribution to the development of the police force, the achievement of equality, competitiveness, the contribution to community relations, citizen security, post-conflict, innovation and the quality of police services in different contexts.

Authors can publish editorials, original scientific and technological research papers, theoretical articles, review articles and case studies.

Accepted manuscripts remain the property of the journal. However, as the journal complies with open access policies for scientific publishing, it allows for their copying and distribution when the authors are credited. Hence, articles are licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

The journal reserves the right to modify the style or abridge texts as it deems necessary, while committing to respecting the original content.

The journal does not feature nor does it accept advertising, it is not responsible for the opinions or judgments of the authors, nor does it accept works that have been published elsewhere or are under consideration of the Editorial Committee of another national or foreign journal.

It is an open access journal, which is free of charge to the scientific community. It does not charge for submitting articles or for accessing them.

The information provided in the journal has been designed to support, not replace, the relationship that exists between citizens/visitors to the website and their surroundings.

The contents of each issue become accessible in January, May and September. The estimated time period for the process of reviewing and acceptance of papers is between two and six months; if the time period for the reception and acceptance of articles exceeds six months, according to the quality of the work and the results of the peer review, it will be considered for publication in the following issue.

The journal has international circulation and is included in Publindex (category B), ProQuest, EBSCO Fuente Académica, Google Scholar, Redalyc, Dialnet, Latindex, DOAJ, CLASE, REDIB, ERIH PLUS, Emerging Sources Citation Index, MIAR, World-Cat, NSD, Scilit, SRG Index, Crossref, OASPA, JournalTOCs, SHERPA/RoMEO, Latin-REV, VUB Bibliotheek, and CRUE.

All the articles are published in Spanish with abstracts in English, Spanish and Portuguese. Likewise, they are assigned a DOI identification number that, according to international publishing standards, should be cited by authors that reference them.

Section guidelines

Editorial

Articles can contain scientific or opinion-based content in the fields of the social sciences. Scientific publishing requires rigorous up-to-date information or interesting observations on a specific topic. Opinion-based publishing gathers socio-scientific points of view or stances from the academic and scientific communities about a concept or subject of common interest for researchers and professionals.

The journal's Drafting Committee is in charge of editing the texts. These can be a maximum of six pages long and include up to five tables or figures.

Open submissions Indexing Peer-reviewed

Research papers/Original articles

In accordance with their specific nature, research papers are documents that present in detail the original results of completed research projects. Generally, they should be structured with six basic sections: introduction, methodology, results, discussion of the results, conclusions and references.

Submission of papers

Authors that wish to submit research papers to the journal should send an anonymous version of their paper, in Word format to <http://revistalogos.policia.edu.co/index.php/rlct/author/submit/1>.

Submitting the paper online allows for easier communication between the author and the Editorial Committee, as well as a more timely evaluation. However, to confirm the submission of the paper, authors should also send an email with the authors' information to dinae.logosct@policia.gov.co, attaching both the original paper and the rights transfer form.

The content of the articles is sole responsibility of the authors. When a research paper is submitted for possible publication, it is understood that it has not been published elsewhere nor is it being considered for publication by another journal.

The manuscript

Articles should be single-spaced, in Times New Roman size 12, with margins of 2.54 cm each. The text should be between 5,000 and 10,000 words in length, including the abstracts, keywords, references and tables and figures. All pages should be numbered sequentially. The titles and subtitles should be short and informative.

The text should be written in academic language that is accessible to audiences from different disciplines.

Title page

The first page should include the title, the name(s) of the author(s), institutional affiliations or professional position, last academic qualification, complete address and email address. Where applicable, authors should include their Orcid and a link to their Google Scholar. This identifying information about the author should be included in a footnote that should not be included in the sequential numeration but instead marked with an asterisk (*). The email address is used for correspondence and correction of proofs. In addition, information referring to the type and number of an ID document, place and date of birth, and academic qualifications must be included.

Authorship criteria: the names and surnames of each author should be indicated in order of precedence (the number of authors should be justified by subject matter, complexity and length. By this rule, this field's average is three authors). Authorship should not be credited to support staff such as surveyors. It is mandatory to indicate whether an author possesses a doctorate (by including Dr. in front of their name). The academic identity (name) should be standardized to international conventions to facilitate identification in the main databases.

Authors should make sure that the email account (or server) that is used to communicate with the journal does not assign messages sent by the publication's accounts to the spam folder.

Abstract and keywords

The manuscript must include an abstract in Spanish and in English on the first page; it should be classified using a maximum of seven keywords in Spanish and English. Descriptors for articles listed by field in EconLit from the JEL classification can be consulted on the website <https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php>. Keywords in the Thesaurus database can be verified at <http://databases.unesco.org/thesaurus/>. When a word cannot be found, this should be made clear with the phrase "Author's

keywords”. Each abstract should be analytical, should not exceed 200 words, nor contain equations or references. An analytic abstract presents, as far as possible, a text’s quantitative and qualitative information, its aims, scope, methods, results, conclusions and recommendations, as well as a clear summary of the original research.

Authors should make sure that the abstracts in both languages contain the same information. Given that the keywords are the markers that search engines use to find articles online, it is recommended that the words chosen are not also included in the title and that they emphasize the main aspects of the paper. It is also recommended to revise the terms and hierarchies in the bibliographic listings (Thesaurus and JEL).

Abbreviations

Any abbreviations used in the article should be written out in full the first time they are mentioned, followed by the corresponding abbreviation in parenthesis.

Mathematic notation

Equations or formulas should be centered with sequential Arabic numbering contained within parenthesis to their right. Additionally, they should contain and clearly specify their respective subscripts, superscript and Greek letters.

Tables and figures

Tables and figures should follow Arabic numeration and, where possible, use short titles, which explain the content. The term “Table” should be used for all tables and “Figure” for all graphics, photographs, illustrations or maps. When an article is sent to the journal, all tables and figures should be attached separately as Excel files, or, if not available, PDF files. If an article contains photographs, these should be provided as independent files in JPG, TIFF or EPS format, at a minimum of 300 PPI and at the size at which they are to be published. The printed journal is formatted with a space for the articles of 11.5 × 18.5 cm and the total size of the pages is 17 × 24 cm. The tables and figures can be included within the article or at its end, and their placement should always be specified in the article.

Acknowledgements

Once the article is accepted by the Editorial Committee, the authors should include a section titled acknowledgements, after the conclusions and before the references. This must contain the following information: if the research received funding from an institution, the source should be specified, and, if possible, should include information of the grant, contract or project which provided the funds. If the research is not associated with any source of funding, it should be stated that no institutional resources were obtained. Additionally, in this section authors have the option, if they so wish, to acknowledge reviewers and give personal thanks.

References

The list of references should include all references cited in the article and all references in the list should be cited within the article. These should be issued by authorized sources such as prestigious organizations recognized by national or international bodies; national or international scientific journals that allow the information from papers to be consulted online, through databases or directly on the

journal's own website; or books or other documents that offer ways to identify the authors or editors responsible for the content. Where possible, URLs should be provided for references.

References should be up-to-date. Research papers should not cite more than sixty references.

The article should follow the standard citation model stipulated by the American Psychological Association (APA). When an author is cited in an article, the reference should be cited in the following style: Surname (year) when the author's surname is embedded in the writing, for example: Robinson (2015); (Surname, year) when the surname and the year are not part of the sentence, for example: (Robinson, 2015); if there is more than one article for an author with the same year, these must be cited with sequential letters following the year, for example: (Robinson, 2015a, Robinson, 2015b, etc.). For more information, please consult the APA (6th version) guidelines.

References should be listed in alphabetical order at the end of the article. All citations should appear in the list of references and all references should be cited in the article.

The list of references should apply the following structure:

- a) For articles: surname of every author, initial of every author's first name, year of publication (in parenthesis), title of the work (without inverted commas), name of the journal (in italics), the volume (in italics), and the number (in italics and in parenthesis), first page-last page of the article and DOI.
- b) For chapters of books: surname of every author, initial of every author's first name, year of publication (in parenthesis), chapter title (without italics or inverted commas), surname and initial of the editor, title of book (in italics), chapter pages (in parenthesis), city of publication and publisher.
- c) For books: every author's surname, initial of every author's first name, year of publication (in parenthesis), book title (in italics), city of publication and publisher.

Evaluation

Each article received for possible publication is subject to a preliminary revision that takes into account the journal's objectives and Editorial Policy, minimum academic quality standards, the originality and adherence to the requirements defined in the guidelines for authors. The articles that comply with these requirements are submitted to a minimum of two anonymous reviewers, from the journal's group of referees. The jurors' comments on the articles are shared with the authors. The Editorial Committee communicates their decision to accept or reject a work for the corresponding edition to the authors.

During the evaluation, both the authors and the reviewers are kept anonymous. The results of the evaluation are communicated to the author within a maximum of six months from the date of the receipt of the article. If this period is exceeded, the Editorial Team will inform the author of this situation. The final decision to publish or reject articles is taken by the Editorial Team, based on the reports submitted by the reviewers; this decision is communicated to the author by means of a written verdict issued by the journal's editor (approved, approved with modifications, approved with major modifications or rejected).

Rights clearance

The authors of accepted articles should fill out the form for the authorization of the use of intellectual property rights. All co-authors should also sign this, on a single copy or separate copies. The authorization includes the form or support material, and comprises the use of optical, magnetic, electronic, and online media, as well as data messages of the copy or issue of the publication. The scope of this authorization allows for the incorporation of the article's titles, authors, abstracts, keywords and complete text in databases or the webpages of national or international serialized publications.

Proofs and complementary copies

If the article is approved for publication, the proofs will be sent to the author for their respective proofreading. When the journal is published, each author and co-author will receive the file of the article in magnetic form through their email and two courtesy issues of the journal in which the article was published through the post.

Open submissions Indexing Peer-reviewed

Theoretical articles

Articles that encompass theoretical, methodological and epistemological issues in the social sciences. The journal seeks to contribute to the consolidation of this field of study by fostering theoretical research and reflection. Articles presented should demonstrate scientific rigor and be theoretically sound, and abide by the international academic guidelines for publishing. The thematic tracks are outlined below:

Problems and limitations in the undertaking of research. Articles that analyze and reflect on the structural conditions of different fields of study and the history of research categories and structures that have arisen as part of the field of study's establishment.

Epistemological paradigms and approaches. Articles that contribute to the debates on diversity and the characteristics of paradigms and approaches that are applied in the undertaking of research, given that there is important theoretical literature on paradigms and approaches in the social sciences, but few theoretical debates on approaches within a specific field.

Methodologies for the analysis of and research on policies. The journal receives articles that debate the grounding and use of diverse research methodologies and procedures.

History of a field of study. The history of a theoretical field makes a substantial contribution to the understanding of the current challenges of research in a specific area. Particularly, the journal seeks articles that analyze how the main theoretical and epistemic paradigms, publications and influential authors have developed over time in different countries or regions.

Analytic research on influential authors. Focused on critically analyzing the theoretical, methodological and epistemological contributions of influential domestic

and international authors. This includes authors who have been recognized for their careers or new authors who are innovating with new models of research.

Knowledge production and decision making from an epistemological perspective. Possible theoretical models that link researchers and decision-makers.

Epistemology, education policy and reality. Proposals for the development and improvement of platforms, the meaning of studies, discussion and reflection of the epistemological bases of a specific region.

Open submissions

Indexing

Peer-reviewed

Case study

In accordance with their specific nature, case studies are research articles that present in detail the original results of research projects in specific contexts or based around a person, community, institution or population with specific characteristics.

In general, they should be structured in six basic sections: introduction, methodology, results, discussion of the results, conclusions and references.

Open submissions

Indexing

Peer-reviewed

Review articles

An article resulting from completed research in which results from published or unpublished research are analyzed, systematized and integrated, within a scientific or technological field, with the aim of presenting the advances and trends in development. These typically present a meticulous literature review.

The maximum length of the text is unrestricted. Optionally, the work can include tables and figures (that must follow the same guidelines as those for original articles).

Review articles should be based on the most up-to-date bibliography of the subject in question. They should consist of a short continuous overview; a brief introduction, that includes the objective of the review; the main body as a fundamental part of the review; and the conclusions, that should sum up the gist of the review and be a paragraph long. The authors must present the reviewed subject matter in a critical manner and express their own criticisms derived from their practical experience. They should never be simply a transcription of the reviewed literature.

Open submissions

Indexing

Peer-reviewed

Peer review process

The journal follows the peer review policy for all articles sent by authors that fulfill the publication guidelines. In all cases, this review process protects the authors and reviewers, taking special care to follow the established ethical guidelines and avoid conflicts of interests. The journal's Editorial Team reserves the right to reject articles that they deem not to be appropriate for publication.

Additionally, the Editorial Team will acknowledge the receipt of every work that is submitted. Every article received for possible publication is subject to a preliminary review guided by the journal's objectives and Editorial Policy, minimum standards of academic quality, originality and the requirements defined in the authors' guidelines.

The articles that fulfill these conditions will be reviewed anonymously by two domestic or international experts from the journal's group of peer reviewers, that have sufficient knowledge in the concept or object of study, or the methodology employed. If both are in agreement, positively or negatively, the journal will proceed according to the verdict given. If a consensus is not reached, the Science Committee will name a third reviewer. The reviewers' comments will be made known to the authors.

During the evaluation process, the authors and the reviewers remain anonymous. The results of the evaluation are communicated to the author within a maximum of six months from when the article is received. If this period is exceeded, the Editorial Team will inform the author of this situation. The final decision to publish or reject articles is taken by the Editorial Team, guided by the reports provided by the reviewers; this decision is communicated to the author by means of a written verdict issued by the journal's editor (approved, approved with modifications, approved with major modifications or rejected).

In all cases, the Editorial Committee will consider the proposed work's value for the social sciences, for technology and innovation in the sciences that have major implications for Colombian and global society, independent of whether the authors are domestic or foreign nationals, or to which organization they belong.

Publication frequency

As from 2019, the journal is being published three times a year: January-April, May-August, September-December.

Special issues of the journal are published based on public calls for papers or by collecting together similarly themed works.

Open Access policy

The journal provides immediate open access to its content, based on the principal of offering free access to research to the public in the pursuit of better global exchange of knowledge.

Archive

Digital preservation follows UNESCO guidelines for the preservation of digital heritage.

The journal uses the LOCKSS network to create a filing system that is distributed between collaborative libraries which allow the creation of permanent files for conservation and recovery (<https://www.lockss.org/>).

Instructions for review

When an article is sent to the journal, its receipt is immediately acknowledged. The Editorial Committee then verifies if the article fulfills the basic requirements stipulated (referencing standards and formal presentation), as well as its applicability to feature in a publication (title, keywords, objective, theoretical framework, methodology, results, conclusions and references) or plagiarism.

Then, the articles that pass this first filter are subject to, on one hand, an adjudication process carried out by two reviewers, either national or international, who are external to the institution, and on the other, the verdict of the Editorial Committee. During the evaluation, both the authors and reviewers remain anonymous, and the results of the evaluation are delivered within a period of two to six months; if this time period is exceeded, the journal will inform the authors of this situation.

The peers use the forms to review the articles depending on the section of the journal. When they finish reviewing the article, they contact the editor(s) of the section and the Editorial Committee with the results. In all cases, they must fill out every part of the form.

The essential criteria that is evaluated for the publication of an article include:

- Alignment with the profile of interest of the publication and its readers.
- Originality, potential, innovation or relevance of the proposed study.
- Importance for research or practice in the field in question.
- Methodological quality and content of the work. Conclusions based on the results and objectives.
- Fulfillment of the ethical stipulations.
- Quality of the article (structure and writing).
- Appropriateness, age, value and presentation of the bibliographic references.
- Adherence to the instructions for presenting the work.

Authors should make the changes requested by the reviewers and the Editorial Committee within the deadline indicated. The journal makes the final decision on whether an article is published and the issue that it will be featured in, which depends on the documents being submitted in the manner indicated.

During the editing process, the Editorial Committee can contact authors to resolve any queries that arise. However, the journal reserves the right to make minor proof-reading. In the evaluation and editing process, the email address dinae.logosct@policia.gov.co will serve as the main means of communication with authors.

Before publishing, authors will be informed by email so that they can review the content and contact the support team or the editor, in as concise a way as possible, to confirm if there are any errors in their text.

The final decision to publish or reject articles is communicated via a verdict written by one of the members of the Editorial Committee or by the editor. Once each issue is published, the authors of the works featured will receive the electronic information of the publication.

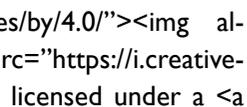
The authors or rights holders of the accepted articles authorize The Colombian National Police to use their property rights (reproduction, public dissemination, transformation and distribution) to include their article in the journal (electronic and printed versions).

Creative commons

Creative Commons Attribution 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Under the following terms:

- **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.
- **No additional restrictions** — You may not apply legal terms or [technological measures](#) that legally restrict others from doing anything the license permits.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>  This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Ethical guidelines

The journal adheres to the Colombian National Police policies of transparency, ethics and integrity and the code of conduct and best practice guidelines for journal editors drawn up by the Committee on Publication Ethics (COPE). Additionally, the original publications are subject to a dictum process carried out by academic peers.

The journal adheres to the ethical standards for academic work that are internationally accepted by COPE that do not permit undeclared conflicts of interest, plagiarism, scientific misconduct, the simultaneous submission of documents to various publications or problems of erroneous authorship.

The journal will only publish experimental or quasi-experimental studies on human beings or studies that involve children or vulnerable populations if these studies are approved by national or international competent regulatory bodies.

With the aim of guaranteeing international ethical standards for scientific publications, the journal has an Ethics Committee that operates under the guidelines of the Office of the Vice-Chancellor for Research for the Colombian National Police. The Ethics Committee consists of the journal's editor, the editorial manager and a representative of the Science Committee and the Editorial Committee.

- In cases of conflict of interest.** When an author or an reviewer identifies that there is a conflict of interest, this should be communicated to the journal so that it can analyze, verify and provide a solution to the situation.
- The Editorial Committee will not review any article in which a conflict of interest has been identified, until a solution can be provided. If it is not possible to resolve the conflict of interest, the article will be withdrawn from the publishing process.

- c. **Erratum.** Where a significant error is found in the publication, the corresponding author, alongside the Editorial Committee, will publish an erratum, in the next issue of the journal, or, depending on the situation, should consider withdrawing the article.
- d. **The journal's Policy on Plagiarism.** Where malpractice is detected, the Ethics Committee will take into account the code of conduct and the best practice guidelines for journal editors drawn up by COPE, which can be consulted at http://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_Mar11.pdf
http://www.popcouncil.org/Frontiers/ScienceWriting/Spanish/PDFS_Spanish/12_4.pdf.

If plagiarism is identified in an article, it will be withdrawn from the publishing process, and a copy will be submitted to the corresponding body so that the appropriate judicial process can be undertaken.

The journal is always willing to correct errors, make clarifications and retractions, and issue apologies when necessary. Under no circumstances will its ethical and intellectual standards be allowed to be compromised by pressure from internal or external sources. As a tactic for avoiding plagiarism and fraudulent data, it does not include translated documents or transcriptions of other articles, short articles or those that are still in the research stage.

All of the material that is sent via the journal's OJS system or via email will only be used with the express consent of its authors.

Ethical guidelines for authors

Authors must guarantee that all references included in their article are of sufficient academic value.

The authors must guarantee that the information in their article is true and that it contains all of the evidence to support the data and analyses presented within. Additionally, all individuals who have made significant contributions must be credited as authors.

Authors must sign the declaration of originality, which also certifies that all of the information is correctly cited.

Authors must declare that the article has not been published in another journal or any other media outlet. The article must not infringe copyright or the intellectual property of any person or organization.

The journal reserves the right to reject works directly, without the need to consult third parties, for motives such as the relevance of the subject matter, scientific quality or a particular editorial interest.

The journal expects authors to act within these guidelines.

Ethical guidelines for editors

In addition to making sure that the guidelines are adhered to, the editor is responsible for monitoring of the obligations, rights and duties of the different members and participants of the journal, in their various roles.

Ethical guidelines for the Editorial Committee

The Editorial Committee is committed to reserving the anonymity of the affiliations and identities of authors and reviewers.

The Science Committee and the Editorial Committee are charged with accepting articles to be published, whilst abiding by the editorial guidelines of the journal and the concept of peer reviewers, as well as ensuring the quality and transparency of the publishing process.

The journal's Ethics Committee will make a decision on any ethical conflict.

Ethical guidelines for reviewers

All reviewers pledge the absolute confidentiality of any information contained within the journal's procedures and content. They must abstain from divulging or publishing information about the articles that have been accepted for evaluation or any activity that is different from that stipulated by the journal.

The duty to confidentiality does not end at the culmination of the evaluation process. Works can only be cited once they are published, using the appropriate citation methods.

Once they put themselves forward, the reviewers are assessed to carry out the evaluation process, pledge to provide objective, respectful judgments, backed up by the appropriate academic supports.

Fees

The journal is an open access scientific journal that offers all of its output free of charge to the scientific community. Additionally, it does not demand any monetary charges during the entire publishing process for the publication of articles, including the scientific review and typesetting.

Requests, enquiries, complaints, claims

Dear user:

You are very important to us. In pursuit of improving the services and procedures that we offer our interested parties, you can log your requests, enquiries, complaints or claims on subjects relating to our performance using the following means of communication:

Telephone: (57-1) 515 9000, ext. 9854

In-person or written requests: transversal 33 # 47A-35 Sur. Dirección Nacional de Escuelas, Vicerrectoría de Investigación, Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia

Email: dinae.logosct@policia.gov.co

Mayor información de contacto

Receipt or acceptance dates

Articles are received all year round.

Depending on when the article is received, the peer-review process and publication, verdicts and article status are sent between two and six months from when the article is received.

OTHER

The journal's Sponsors

Revista Logos, Ciencia & Tecnología is funded by the Colombian National Police.

The journal's history

Revista Logos, Ciencia & Tecnología started as an initiative of the Office of the Vice-Chancellor for Research of the National Directorate for the Colombian National Police and commenced circulation in 2009. It was published uninterrupted biannually until 2017 (with a special issue in 2017). In 2018, various quarterly series were published (January, April, July and October) and from 2019 it is being published three times a year (January, May and September).

Publishing group

To guarantee the quality and relevance of the published content, the journal is overseen by a working group consisting of an editor, an Editorial Committee, a Science Committee, an Editorial Team and an Ethics Committee. The committees' members are selected for their reputation within their field and their academic production. The Editorial Team is committed to reviewing each proposal for publication that the journal receives, to verify its conformity with the guidelines and policies established for presenting the article and that the reviewers have sufficient and up-to-date information on these requirements.

Editor

The editor is responsible for managing the journal's publication, which includes the coordination of the entire process, including indexing, taking into account the current regulations for the publication of scientific journals.

Editorial Committee

The members of the Editorial Committee oversee the academic and scientific quality that characterizes the serial publications in the field of science and technology, according to the criteria laid out by Publindex and those drawn up by SciELO and Latindex.

The Editorial Committee also supports the editor and section editor in the selection and publication of content, the reviewing of articles and the naming of peer reviewers.

This committee is charged with the periodic evaluation of the process applied to the receipt, evaluation and acceptance of articles and the final decisions made about their publication.

Science Committee

This committee is made up of experts in the fields of knowledge that the journal serves, who belong to national and international academia, and are recognized for their publications and careers as researchers. The committee is charged with sustaining the quality of the publication and pursuing its improvement and future projection.

Editorial Team

This team supports the editor in fulfilling his or her role. The editor's various duties include the implementation of the publishing process, the overseeing of the fulfillment of the editorial criteria, proofreading (cleaning up and enhancing the article, precision of ideas and terms used), proofreading (checks for spelling and grammar, syntax, hierarchy of title and presentation of the text, use of capital letters and punctuation), translation into English and Portuguese, correction of proofs, coordination of the typesetting process, communication with and guidance of authors and reviewers, monitoring adherence to the criteria for the indexation systems and updating of databases, and the management of the OJS platform and guiding users.

Sobre a Revista Logos Ciencia & Tecnología

■ POLÍTICAS

Foco e alcance

A *Revista Logos Ciencia & Tecnología* tem como objetivo difundir e divulgar os resultados científicos de pesquisa a partir de diferentes disciplinas sobre assuntos relacionados com a *policia* (pesquisa criminal, inteligência, prevenção, gerência do serviço e suporte), seus *processos tecnológicos* em contextos locais e internacionais, a *convivência* e a *segurança* (pública ou privada).

É uma revista da Polícia Nacional da Colômbia que começou sua circulação a partir de 2009 e tem sido publicada de maneira ininterrupta como publicação semestral até 2017 (houve uma edição especial em 2017). Em 2018, foram publicados números de série trimestrais (janeiro, abril, julho e outubro) e quadrimestral a partir de 2019 (janeiro, maio e setembro).

Cada número é editado em versão eletrônica na página web www.revistalogos.policia.edu.co.

Todo artigo postulado para publicação deve ser original e inédito, e não estar postulado simultaneamente em outras revistas ou órgãos editoriais. A *Revista* submete todos os artigos que recebe em suas convocatórias a uma ferramenta de detecção de plágio. Quando se detecta plágio total ou parcial (sem a citação correspondente), o artigo não é enviado à avaliação e os autores são notificados do motivo da rejeição.

Em todas as seções da *Revista*, será dada preferência aos artigos que forem particularmente relevantes para contribuir com o desenvolvimento das polícias, alcançar equidade, competitividade, contribuir com a convivência, segurança cidadã, pós-conflito, inovação e qualidade dos serviços policiais nos diferentes contextos.

Os autores podem publicar editoriais, artigos originais de pesquisa científica e tecnológica, artigos teóricos, artigos de revisão e estudos de caso.

Os manuscritos aceitos permanecem em propriedade da *Revista*. Não obstante, como esta se ampara pela política de acesso aberto à publicação científica, permite sua cópia e distribuição sempre que tiver o reconhecimento de seus autores. Assim, mantém uma licença de tipo Creative Commons Attribution 4.0 International License.

A *Revista* se reserva o direito de realizar modificações de estilo ou dimensionar os textos conforme necessário, com o compromisso de respeitar o conteúdo original.

A *Revista* não contém nem aceita materiais publicitários, não se responsabiliza pelas opiniões nem critérios dos autores, nem aceita trabalhos que tenham sido publi-

cados previamente ou estejam sob a consideração do Conselho Editorial de outra revista nacional ou estrangeira.

É uma revista com acesso aberto e grátis para a comunidade científica. Não cobra pelo envio de artigos nem tampouco por sua leitura.

A informação proporcionada na *Revista* tem sido levantada para apoiar, não substituir, a relação que existe entre os cidadãos/visitantes deste site web e seu ambiente.

Os conteúdos de cada número serão visualizados nos meses de janeiro, maio e setembro. O tempo estimado para processos de revisão e aceitação de artigos compreende entre dois e seis meses; se o tempo de recebimento do artigo e sua aceitação superar os seis meses, de acordo com a qualidade e avaliação realizada por pares, o mesmo será considerado para ser publicado em um número posterior.

A *Revista* tem um alcance internacional e se encontra incluída em Publindex (categoria B), ProQuest, EBSCO Fuente Acadêmica, Google Scholar, Redalyc, Dialnet, Latindex, DOAJ, CLASE, REDIB, ERIH PLUS, Emerging Sources Citation Index, MIAR, WorldCat, NSD, Scilit, SRG Index, Crossref, OASPA, JournalTOCs, SHERPA/RoMEO, LatinREV, VUB Bibliothek e CRUE.

Todos os artigos serão publicados em idioma espanhol com resumos em inglês, espanhol e português. Igualmente, contam com um número de identificação DOI (por suas siglas em inglês), que, de acordo com as políticas editoriais internacionais, deve ser citado pelos autores que utilizam os conteúdos.

Políticas de seção

Editorial

Poderá ser de conteúdo científico ou de opinião nas áreas das ciências sociais. O editorial científico é uma atualização rigorosa ou um ponto interessante sobre determinado assunto. O editorial de opinião busca pontos de vista ou posicionamentos sócio científicos da comunidade acadêmico-científica sobre uma construção ou assunto de interesse comum de pesquisadores e profissionais.

O editorial será encomendado pelo Comitê de Redação da *Revista*. Terá uma extensão máxima de seis páginas que poderão incluir até cinco tabelas ou figuras.

Abrir envios

Indexado

Avaliado por pares

Artigos de pesquisa/Artigos originais

De acordo com sua natureza, os artigos de pesquisa são documentos que apresentam em detalhe os resultados originais de projetos de pesquisa terminados. Em geral, a estrutura deve conter seis seções básicas: introdução, metodologia, resultados, discussão de resultados, conclusões e referências.

Apresentação de artigos

Os autores que desejarem apresentar artigos resultado de pesquisa à Revista deverão enviar uma versão anônima de seu artigo, em formato Word, através de <http://revistalogos.policia.edu.co/index.php/rlct/author/submit/1>.

O envio online do artigo permite uma comunicação mais fácil entre o autor e o Comitê Editorial, além de uma avaliação mais oportuna. Não obstante, para garantir o envio, os autores devem remeter adjunto ao correio eletrônico dinae.logosct@policia.gov.co o artigo, a informação de autores, o formato de cessão de direitos e a originalidade deste.

A responsabilidade do conteúdo dos artigos recai somente em seus autores. Quando um artigo resultado de pesquisa é enviado para sua possível publicação, se entende que não foi publicado nem está sendo considerado por outra revista.

O manuscrito

Os artigos devem ser elaborados a espaçamento simples, letra Times New Roman tamanho 12, com margens de 2,54 cm cada uma. O texto deverá ter uma extensão entre 5.000 e 10.000 palavras, incluídos os resumos, as palavras-chave, as referências, as tabelas e figuras. Todas as páginas devem estar enumeradas consecutivamente. Os títulos e subtítulos devem ser curtos e informativos.

O texto deve ser escrito em uma linguagem acadêmica acessível a públicos de diferentes disciplinas.

Página de título

Uma primeira página deverá conter o título, o(s) nome(s) do(s) autor(es), a filiação ou instituição à qual pertence(m) ou seu cargo, último título profissional, endereço completo de correio e correio eletrônico. No caso de estar disponível, também deve ser incluído o Orcid (por suas siglas em inglês) e o link para Google Scholar. Esta informação que identifica o autor deve ser incluída em um rodapé de página sem seguir a numeração consecutiva destes, mas com um asterisco (*). A direção de correio eletrônico é utilizada para a correspondência e correção de provas. De igual modo, deve-se registrar informação referente ao tipo e número de documento de identidade, lugar e data de nascimento, e formação acadêmica.

Critérios de autoria: o nome e os sobrenomes de cada um dos autores devem ser indicados por ordem de prioridade (o número deverá estar justificado pelo assunto, sua complexidade e sua extensão, de modo que é a média da área três autores). As colaborações não devem incluir pessoal de apoio como pesquisadores. É obrigatório indicar se possui o grau acadêmico de doutor (incluir Dr./Dra. diante do nome). A firma acadêmica (nome) deve estar normalizada conforme as convenções internacionais para facilitar a identificação nas principais bases de dados.

Os autores devem garantir que a conta (ou o servidor) do correio eletrônico usado para se comunicar com a Revista não envie mensagens não desejadas (*spam*) ou bloqueie as mensagens enviadas pelo sistema editorial.

Resumo e palavras-chave

O manuscrito deverá incluir em sua primeira página um resumo do artigo em espanhol e *abstract* em inglês; a classificação terá no máximo sete palavras-chave em espanhol e inglês. Os descritores por área em EconLit da classificação JEL (por suas siglas em inglês) para artigos podem ser consultados na página web <https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php>. Para a verificação das palavras-chave na base Thesaurus, podem consultar a página web <http://databases.unesco.org/thesaurus/>. Em caso de não ser encontrada alguma palavra, deve manifestar-se escrevendo “Palavras-chave do autor”. Cada resumo será de tipo analítico, não deverá exceder 200 palavras, nem conter equações ou referências. O resumo analítico é aquele que apresenta tanto quanto for possível a informação quantitativa e qualitativa de um texto, sua finalidade, seu alcance, métodos, resultados, conclusões e recomendações, bem como uma clara condensação da pesquisa original.

Os autores devem garantir que tanto o resumo como o *abstract* entreguem a mesma informação. Dado que as palavras-chave são as marcas que os buscadores utilizam para encontrar artigos na Internet, recomenda-se que sejam escolhidas palavras que não façam parte do título e que ressaltem os principais aspectos do artigo. Recomenda-se também revisar os termos e as hierarquias nos listados bibliográficos (Thesaurus e JEL).

Abreviações

Qualquer abreviatura utilizada no artigo deverá ser escrita de maneira completa na primeira vez que for mencionada, seguida de sua correspondente abreviação entre parênteses.

Notação matemática

As equações ou fórmulas devem ser alinhadas ao centro com numeração arábica consecutiva encerrada entre parênteses à sua direita. De igual maneira, devem contar com os respectivos subíndices, superíndices e letras gregas claramente especificadas.

Tabelas e figuras

As tabelas e figuras seguirão a numeração arábica e, dentro do possível, usando títulos curtos e explicativos do conteúdo apresentado. Deve-se utilizar o termo “Tabela” para todas as tabelas e “Figura” para todas as gráficos, fotografias, ilustrações ou mapas. Quando o artigo for enviado à *Revista*, devem ser juntados também em arquivos separados as tabelas e as figuras em Excel ou, na sua falta, em PDF. Se o artigo trouxer fotografias, estas devem ser fornecidas em arquivos independentes em JPG, TIFF ou EPS, em no mínimo 300 PPI e no tamanho final em que serão publicadas. O formato de publicação da revista em meio impresso que envolve o conteúdo do artigo é de 11,5 × 18,5 cm e o tamanho total das páginas de 17 × 24 cm. As tabelas e figuras poderão estar dentro do artigo ou alternativamente ao final deste, sempre e quando estiver especificada no artigo sua localização.

Agradecimentos

Uma vez que o artigo seja aceito pelo Comitê Editorial, os autores deverão incluir uma seção chamada “agradecimentos”, após as conclusões e antes das referências. Esta deve conter de maneira obrigatória a seguinte informação: se a pesquisa re-

cebeu financiamento de alguma instituição, deve-se apontar a fonte e, se possível, a informação referente à bolsa, contrato ou projeto de onde provêm os recursos. Se a pesquisa não se associa a nenhuma fonte de financiamento, deve deixar explícito que não obteve recursos institucionais. Adicional e optativamente, nesta seção podem ser incluídos agradecimentos a avaliadores ou agradecimentos pessoais, se o(s) autor(es) assim desejar(em).

Referências

Na lista de referências, devem-se incluir todas as referências citadas no artigo e todas elas devem estar citadas nele. Estas devem ser emitidas por fontes autorizadas como organizações de prestígio reconhecidas pelos organismos nacionais ou internacionais; revistas científicas nacionais ou internacionais que permitam consultar os dados dos artigos através da internet, em bases de dados ou diretamente no site da própria revista científica; ou livros e outros documentos que ofereçam elementos que identifiquem autores ou editores responsáveis do conteúdo utilizado. Sempre que for possível, proporcione endereços URL para as referências.

As referências estarão atualizadas. Seu número não excede as sessenta citações para artigos de pesquisa.

O artigo seguirá o modelo de citação padrão elaborado pela Associação Americana de Psicologia (APA, por suas siglas em inglês). Quando for citado um autor no artigo, o estilo da referência terá em geral a seguinte forma: Sobrenome (ano) quando o sobrenome do autor formar parte da redação, exemplo: Robinson (2015); (Sobrenome, ano) quando o sobrenome e a data de publicação não formarem parte da redação do artigo, exemplo: (Robinson, 2015); se houver mais de um artigo por autor para o mesmo ano, será citado com uma letra em sequência seguida do ano, exemplo: (Robinson, 2015a, Robinson, 2015b etc.). Para mais informações, por favor, consultar as normas APA (sexta versão).

As referências serão listadas ao final do artigo em ordem alfabética. Todas as citações devem aparecer na lista de referências e todas elas devem ser citadas no artigo.

Na lista final de referências, será seguido o seguinte esquema:

- a) Para artigos: sobrenome de cada autor, inicial do nome do autor, ano de publicação (entre parênteses), título do trabalho (sem aspas), nome da revista (em cursiva), o volume (em cursiva) e o número (em cursiva e entre parênteses), página inicial-página final do artigo e DOI.
- b) Para capítulos em livros: sobrenome de cada autor, inicial do nome do autor, ano de publicação (entre parênteses), título do capítulo (sem aspas nem cursivas), sobrenome e inicial do nome do editor, título do livro (em cursiva), páginas do capítulo (entre parênteses), cidade de publicação e editorial.
- c) Para livros: sobrenome de cada autor, inicial do nome do autor, ano de publicação (entre parênteses), título do livro (em cursiva), cidade de publicação e editorial.

Avaliação

Cada artigo que é recebido para sua eventual publicação é revisado preliminarmente segundo os objetivos e a Política Editorial da Revista, os padrões mínimos de qualidade acadêmica, a originalidade e de acordo com os requerimentos definidos

em diretrizes para os autores. Os artigos que cumprirem estas condições serão submetidos no mínimo a dois avaliadores anônimos, do grupo de árbitros da *Revista*. Os comentários dos jurados aos artigos serão conhecidos pelos autores. O Comitê Editorial fará chegar ao conhecimento dos autores sua decisão de aceitação ou rejeição do artigo para a correspondente edição.

Durante a avaliação, tanto os nomes dos autores como dos avaliadores se mantêm no anonimato. O resultado da avaliação será comunicado ao autor em um período máximo de seis meses a partir da data do recebimento do artigo. Em caso de este prazo ser superado, a Equipe Editorial informará ao autor sobre esta situação. A decisão final de publicar ou rejeitar os artigos é tomada pela Equipe Editorial, segundo os informes apresentados pelos avaliadores; esta decisão é comunicada ao autor por meio de um conceito escrito emitido pelo editor da *Revista* (aprovado, aprovado com modificações, aprovado com modificações importantes ou rejeitado).

Autorização de direitos

Os autores de artigos aceitos deverão diligenciar o formato de autorização de uso de direitos de propriedade intelectual. Todos os coautores também deverão assiná-lo, em uma cópia ou em cópias separadas. A autorização inclui o formato ou suporte material, e se estende à utilização em meio ótico, magnético, eletrônico, em rede, mensagens de dados do exemplar ou número respectivo da publicação. O alcance desta autorização permite incorporar títulos, autores, resumos, palavras-chave e os textos completos dos artigos em bases de dados ou páginas eletrônicas nacionais ou internacionais de publicações em série.

Provas e cópias complementares

Ao ser o artigo aprovado para sua publicação, as provas serão enviadas ao autor para sua correspondente correção de estilo. Quando a *Revista* entrar em circulação, cada autor e coautor receberá via correio eletrônico o arquivo em meio magnético do artigo e por correio certificado dos exemplares de cortesia da *Revista* na qual seu artigo foi publicado.

Abrir envios Indexado Avaliado por pares

Artigos teóricos

Artigos que compreendem questões teóricas, metodológicas e epistemológicas nas ciências sociais. A *Revista* busca contribuir com a consolidação deste campo de estudos, com o estímulo às pesquisas e reflexões teóricas. Os artigos apresentados possuem rigor científico e solidez teórica, e adotam as normas acadêmicas internacionais de publicação. Se distinguem eixos temáticos:

Problemas e limitações no desenvolvimento investigativo. Artigos que analisem e reflitam sobre as condições estruturais de diferentes campos de estudo, sua história com categorias e estruturas de pesquisa que provêm de seu surgimento como campo de estudo.

Enfoques e perspectivas epistemológicas. Artigos que contribuam com os debates sobre a diversidade e as características de enfoques e perspectivas que se

desenrolam no desenvolvimento das pesquisas, dado que existe uma importante literatura teórica sobre os enfoques e as perspectivas em ciências sociais, mas poucos debates teóricos sobre os enfoques em um campo específico.

Metodologias para a análise e a pesquisa em políticas. São recebidos artigos que discutem fundamentos e usos de diversas metodologias e procedimentos de pesquisa.

História de um campo de estudo. A história do campo teórico contribui de modo substancial para compreender os desafios atuais da pesquisa em uma área específica. Particularmente, busca-se receber artigos que analisem como se desenrolaram a partir suas origens as principais matrizes teórico-epistemológicas, publicações, autores referentes, nos diversos países ou regiões.

Pesquisa analítica de autores referentes. Concentra-se em analisar criticamente os aportes teóricos, metodológicos e epistemológicos de autores referentes no âmbito nacional ou mundial. Isto inclui referentes reconhecidos por sua trajetória ou novos referentes que elaboram modelos inovadores de pesquisa.

Produção de conhecimento e tomada de decisões em perspectiva epistemológica. Possíveis modelos teóricos de vinculação entre pesquisadores e tomadores de decisões.

Epistemologia, política educativa e realidade. Propostas de desenvolvimento e melhoramento de cenários, sentido dos estudos, que discutam e gerem reflexão sobre as bases epistemológicas próprias de uma região.

Abrir envios

Indexado

Avaliado por pares

Estudo de caso

De acordo com sua natureza, os estudos de caso são artigos de pesquisa que apresentam em detalhe os resultados originais de projetos de pesquisa em um contexto específico ou orientado a uma pessoa, comunidade, entidade ou população com características específicas.

Em geral, a estrutura deve conter seis seções básicas: introdução, metodologia, resultados, discussão de resultados, conclusões e referências.

Abrir envios

Indexado

Avaliado por pares

Artigos de revisão

Artigo resultado de uma pesquisa terminada na qual se analisam, sistematizam e integram resultados de pesquisas publicadas ou não publicadas sobre um campo em ciência ou tecnologia, com o propósito de dar conta dos avanços e tendências de desenvolvimento. Caracteriza-se por apresentar uma cuidadosa revisão bibliográfica.

Não se restringirá a extensão máxima dos trabalhos. Opcionalmente, o trabalho poderá incluir tabelas e figuras (que seguirão as mesmas normas dos artigos originais).

Os artigos de revisão devem ser feitos sobre a bibliografia mais atualizada do assunto em questão. Constarão de um pequeno resumo contínuo; introdução breve, que inclui o objetivo da revisão; o desenvolvimento, parte fundamental da revisão; e as conclusões, que devem sintetizar a essência da revisão e ser escritas em um parágrafo. Os autores farão a apresentação do assunto revisado de maneira crítica e expressarão os critérios próprios de sua experiência prática. Nunca deverá ser uma simples transcrição da bibliografia revisada.

Abrir envios Indexado Avaliado por pares

Processo de avaliação por pares

A *Revista* segue a política de revisão por pares dos artigos enviados pelos autores que cumprem as normas de publicação. Em todos os casos, este processo de revisão protege tanto aos autores como aos árbitros que revisam os manuscritos, mantém um cuidado especial com as normas éticas estabelecidas e evita os conflitos de interesses. A Equipe Editorial da *Revista* se reserva o direito de rejeitar os artigos que julgue não apropriados para sua publicação.

Da mesma forma, a Equipe Editorial confirmará o recebimento aos autores dos trabalhos que lhe forem enviados. Cada artigo recebido para sua eventual publicação é revisado preliminarmente segundo os objetivos e a Política Editorial da *Revista*, os padrões mínimos de qualidade acadêmica, a originalidade e segundo os requerimentos definidos em diretrizes para autores.

Os artigos que cumprirem com estas condições serão revisados de forma anônima por dois especialistas do grupo de pares avaliadores (árbitros) da *Revista*, do âmbito nacional ou internacional, com conhecimento suficiente na construção ou objeto de estudo ou metodologia empregada. Se estes estiverem de acordo positiva ou negativamente, é procedido de acordo com o veredito. Se não houver consenso, o Comitê Científico nomeará um terceiro árbitro. Os comentários dos jurados aos artigos serão conhecidos pelos autores.

Durante a avaliação, tanto os nomes dos autores como os dos avaliadores se mantêm no anonimato. O resultado da avaliação será comunicado ao autor em um período máximo de seis meses a partir da data de recepção do artigo. Em caso de este prazo ser superado, a Equipe Editorial informará ao autor esta situação. A decisão final de publicar ou rejeitar os artigos é tomada pela Equipe Editorial, segundo os informes apresentados pelos avaliadores; esta decisão é comunicada ao autor por meio de um conceito escrito emitido pelo editor da *Revista* (aprovado, aprovado com modificações, aprovado com modificações importantes ou rejeitado).

Em todos os casos, o Comitê Editorial considerará o valor dos trabalhos propostos para o desenvolvimento das ciências sociais, a tecnologia ou inovação em ciências que tenha maior implicação na sociedade colombiana e mundial, com independência da procedência nacional ou estrangeira dos autores ou de sua filiação a uma ou outra organização.

Frequência de publicação

A *Revista* tem uma periodicidade quadrimestral desde 2019, assim: janeiro-abril, maio-agosto, setembro-dezembro.

Além disso, a *Revista* poderá publicar edições especiais a partir de convocatórias públicas ou de concorrência de trabalhos tematicamente relacionados.

Política de acesso aberto

A *Revista* proporciona um acesso aberto imediato ao seu conteúdo, baseado no princípio de que oferecer ao público um acesso livre às pesquisas ajuda em um maior intercâmbio global de conhecimento.

Arquivar

A preservação digital segue diretrizes para a preservação do patrimônio digital elaborada pela Unesco (por suas siglas em inglês).

A *Revista* utiliza a rede LOCKSS para criar um sistema de arquivo distribuído entre bibliotecas colaboradoras, às quais permite criar arquivos permanentes com a finalidade de conservação e restauração (<https://www.lockss.org/>).

Indicações para a revisão

Quando um artigo chega à *Revista*, é confirmado o recebimento de imediato. O Comitê Editorial procede a revisar se o mesmo cumpre com os requisitos básicos exigidos (normas de citação e apresentação formal), assim como sua pertinência para figurar em uma publicação (título, identificadores, objetivo, marco teórico, metodologia, resultados, conclusões e referências) ou plágio.

Posteriormente, os artigos que passam por este primeiro filtro são submetidos a um processo de arbitragem a cargo de dois avaliadores externos à instituição, nacionais ou internacionais, e ao conceito do Comitê Editorial. Durante a avaliação, tanto os nomes dos autores como os dos avaliadores se mantêm no anonimato, e os resultados da avaliação são informados em um prazo de dois a seis meses; em caso de superar este tempo, a *Revista* se comunica com os autores.

Os pares utilizarão os formulários para revisar os artigos segundo a seção da *Revista*. Quando terminarem a revisão do artigo, comunicarão ao(s) editor(es) de seção e Comitê Editorial o resultado desta. Em todos os casos, devem completar o preenchimento dos formulários. Os critérios essenciais que se valorizam para a publicação de um artigo são:

- Correspondência com o perfil de interesse da publicação e seus leitores.
- Originalidade, oportunidade, novidade ou vigência do estudo proposto.
- Importância para a pesquisa ou a prática no campo tratado.
- Qualidade metodológica e do conteúdo do trabalho. Conclusões baseadas nos resultados e objetivos.
- Cumprimento das normas éticas.
- Qualidade da apresentação (estrutura e redação).
- Adequação, atualidade, valor e apresentação das referências bibliográficas.
- Cumprimento das instruções para a apresentação dos trabalhos.

Os autores devem realizar os ajustes solicitados pelos avaliadores e o Comitê Editorial no prazo exigido. A *Revista* se reserva a última palavra sobre a publicação dos artigos e o número no qual estejam incluídos, o que depende do cumprimento na entrega da documentação solicitada.

Durante o processo de edição, os autores podem ser consultados pelo Comitê Editorial para resolver as dúvidas existentes. Não obstante, a *Revista* se reserva o direito de fazer correções menores de estilo. No processo de avaliação e de edição, o correio eletrônico dinae.logosct@policia.gov.co constitui o meio de comunicação privilegiado com os autores.

Antes que seja publicado, os autores serão avisados por correio eletrônico para que revisem seu conteúdo e comunicarão à equipe de apoio ou ao editor, com a maior brevidade possível, se existem ou não erratas em seu texto.

A decisão final de publicar ou rejeitar os artigos é notificada por meio de um conceito escrito emitido por um dos membros do Comitê Editorial ou pelo editor. Uma vez publicado cada número, os autores dos trabalhos receberão informação eletrônica da publicação.

Os autores ou titulares dos artigos aceitos autorizam a utilização dos direitos patrimoniais de autor (reprodução, comunicação pública, transformação e distribuição) à Polícia Nacional da Colômbia, para incluir seu artigo na *Revista* (versão eletrônica e versão impressa).

Creative commons

Creative Commons Attribution 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Under the following terms:

- **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.
- **No additional restrictions** — You may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from doing anything the license permits.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Normas éticas

A *Revista* está amparada por políticas de transparência, ética e integridade da Polícia Nacional da Colômbia e ao código de conduta e os alinhamentos de melhores práticas para os editores de revistas elaborados pelo Committee on Publication Ethics (COPE). De igual modo, submete os originais publicados a um processo de parecer técnico por pares acadêmicos.

A *Revista* está amparada por preceitos éticos no trabalho acadêmico aceitos internacionalmente pelo COPE, que não admitem a presença de conflitos de interesses que não são declarados, plágio, fraude científica, envio simultâneo de documentos a várias publicações ou problemas de autoria não correspondente.

A *Revista* publica estudos experimentais ou quase-experimentais em seres humanos ou estudos que vinculem crianças ou população vulnerável somente se estes estudos estiverem aprovados pelos órgãos regulamentares competentes a nível nacional ou internacional.

Com o propósito de garantir padrões internacionais de ética para publicações científicas, conta com o Comitê de Ética que opera segundo os alinhamentos da Vice-reitoria de Investigações da Polícia Nacional da Colômbia. O Comitê de Ética está formado pelo editor da *Revista*, o gestor editorial e um representante do Comitê Científico e do Comitê Editorial.

- a. **Em casos de conflito de interesses.** Quando o autor ou avaliador identificar que há um conflito de interesse, deve informar oportunamente à *Revista* para analisar, verificar e dar solução à situação. Em caso de que editor for autor (política Publindex), se delega a uma terceira pessoa “editor de seção” ou diretor.
- b. O Comitê Editorial não submeterá a revisão nenhum artigo no qual se identifique que haja conflito de interesse até dar solução a este. Se não for possível romper com o conflito de interesse, o artigo será retirado do processo editorial.
- c. **Erratas.** Em caso de que seja encontrado um erro significativo na publicação, o autor correspondente, em conjunto com o Comitê Editorial, publicará uma errata no número seguinte da *Revista*, ou, conforme a situação, considerará retirar o artigo.
- d. **Políticas da Revista em caso de plágio.** Em caso de detectar-se uma má prática, o Comitê de Ética terá presente o código de conduta e os alinhamentos de melhores práticas para os editores de revistas elaborados pelo COPE, consultado em http://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_Mar11.pdf
http://www.popcouncil.org/Frontiers/ScienceWriting/Spanish/PDFS_Spanish/12_4.pdf.

Em caso de identificar plágio em um artigo, este será retirado do processo editorial, e será feita uma cópia à entidade correspondente para que surta o processo judicial pertinente.

A *Revista* sempre estará disposta a emendar erros, dar esclarecimentos e retratações, e apresentar desculpas quando for necessário. De maneira alguma será permitido que seus padrões éticos e intelectuais sejam comprometidos por pressões internas ou externas à publicação. Como forma de evitar o plágio e dados fraudulentos, não terá presentes traduções de documentos ou transcrições de outros artigos, trabalhos curtos ou que ainda estejam em processo de pesquisa.

Todo material que for enviado através do sistema OJS (por suas siglas em inglês) da *Revista* ou através de correio eletrônico só será utilizado com o expresso consentimento dos autores.

Normas éticas para autores

O autor deve garantir que todas as citações apresentadas em seu artigo contem com o respectivo crédito acadêmico.

Os autores devem garantir que a informação de seu artigo é autêntica e contém toda a evidência que suporta os dados e análise apresentados. Além disso, que todos aqueles que façam aportes significativos figurem como autores.

Os autores devem firmar a declaração de originalidade na qual também certificam que toda a informação esteja devidamente citada.

Os autores devem declarar que o artigo não foi publicado em outra revista nem em nenhum outro meio de difusão. Este artigo não deve infringir direitos de autor ou de propriedade intelectual com alguma pessoa ou entidade.

A *Revista* se reserva o direito de realizar rejeições diretas, sem necessidade de consultar a terceiros, por motivos de relevância do tema, qualidade científica ou interesse editorial particular.

A *Revista* espera que os autores cumpram com estas normas.

Normas éticas para editores

É responsabilidade do editor, além de dar conformidade a todos os parâmetros, auditar as obrigações, os direitos e os deveres dos distintos membros e participantes da *Revista*, em suas distintas categorias.

Normas éticas do Comitê Editorial

O Comitê Editorial se compromete a manter em anonimato a filiação e identidade dos autores e avaliadores.

O Comitê Científico e o Comitê Editorial é o encarregado de aceitar os artigos que serão publicados, em atenção aos parâmetros editoriais da *Revista* e o conceito dos pares avaliadores, assim como velar pela qualidade e transparência do processo editorial.

O Comitê Ético da *Revista* decidirá qualquer conflito ético.

Normas éticas para avaliadores

Todos os avaliadores se comprometem a guardar absoluta confidencialidade sobre a informação contida nos procedimentos e conteúdos remetidos pela *Revista*. Devem abster-se de divulgar ou publicar informação dos artigos que tenham aceito avaliar ou qualquer uso diferente do solicitado pela *Revista*.

O dever de confidencialidade não cessará com a culminação do processo de avaliação. Só se poderá citar o trabalho uma vez este se encontre publicado, com o uso devido das normas para citação.

Os avaliadores, uma vez que indiquem sua disposição e estejam qualificados para realizar o processo de avaliação, se comprometem a emitir conceitos objetivos, respeitosos e com o devido suporte acadêmico.

Taxas

A *Revista* é uma revista científica *open access* que oferta toda sua produção em aberto para a comunidade científica. Da mesma forma, não estabelece nenhuma

taxa econômica durante todo o processo editorial para a publicação dos artigos, incluso a revisão científica e sua disposição.

Solicitações, petições, queixas, reclamações

Prezado usuário:

Para nós é muito importante contar com você. Em busca de melhorar nossos serviços e trâmites que oferecemos a nossos grupos de interesse, você poderá registrar suas solicitações, queixas, reclamações ou sugestões sobre assuntos de nossa competência através dos seguintes canais de comunicação:

Atenção por telefone: (57-1) 515 9000, ext. 9854

Atenção personalizada ou envio de solicitações por escrito: transversal 33 # 47A-35 Sur. Dirección Nacional de Escuelas, Vicerrectoría de Investigación, Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia

E-mail: dinae.logosct@policia.gov.co

Mais informações de contato

Datas de recebimento e aceitação

Os artigos são recebidos durante todo o ano.

De acordo com o período de recebimento de artigos, avaliação de pares externos e de publicação, são remetidos conceitos ou estado do artigo entre dois e seis meses à data de recebimento do artigo.

OUTRO

Patrocinadores da Revista

A *Revista Logos, Ciencia & Tecnología* é financiada pela Policía Nacional de Colombia.

Histórico da Revista

A *Revista Logos, Ciencia & Tecnología* nasceu como uma iniciativa da Vice-reitoria de Pesquisas da Dirección Nacional de Escuelas da Policía Nacional da Colômbia e começou sua circulação a partir do segundo semestre de 2009, e tem sido publicada de maneira ininterrupta como publicação semestral até 2017 (houve uma edição especial em 2017), em 2018 publicou-se números em série trimestrais (janeiro, abril, julho e outubro) e quadrimestral a partir de 2019 (janeiro, maio e setembro).

Grupo editorial

Para garantir a qualidade e pertinência dos conteúdos publicados, a *Revista* conta com um grupo de trabalho formado por um editor, um Comitê Editorial, um Comitê Científico, uma Equipe Editorial e um Comitê de Ética. Os membros dos comitês são selecionados em função de seu reconhecimento na área e de sua produção acadêmica. A Equipe Editorial se compromete em examinar cada proposta de publicação recebida pela *Revista*, para verificar sua conformidade com os parâmetros e com as políticas estabelecidos para a apresentação de artigo e a que os avaliadores tenham informação suficiente e atualizada sobre estes requerimentos.

Editor

É o responsável pela gestão editorial da *Revista*, que inclui coordenar todo o processo até a indexação, em atenção à regulamentação vigente para a edição de revistas científicas.

Comitê Editorial

Os membros do Comitê Editorial são os responsáveis pela qualidade acadêmica e científica que caracteriza as publicações em série no campo da ciência e tecnologia, de acordo com os critérios estabelecidos por Publindex e os construídos por SciELO e Latindex.

Também é função do Comitê Editorial apoiar o editor e editor de seção na seleção e publicação de conteúdo, revisão dos artigos e a nomeação de pares avaliadores.

Este comitê se encarrega da avaliação periódica dos processos aplicados ao recebimento, avaliação e aceitação de artigos e tomada de decisão final sobre sua publicação.

Comitê Científico

Este comitê é integrado por especialistas nas áreas de conhecimento que atende a *Revista*, que pertencem à academia nacional e internacional, e são reconhecidos por suas publicações e sua trajetória como pesquisadores. Se encarrega de sustentar a qualidade da publicação e procura seu melhoramento e projeção.

Equipe Editorial

Apoia o editor no cumprimento de suas funções. Entre suas funções se incluem execução do processo editorial, revisão de conformidade dos critérios editoriais, correção de estilo (limpar e enriquecer o artigo, exatidão de ideias e os termos empregados), revisão ortotipográfica (revisão ortográfica e gramatical, sintaxe, organização de títulos e apresentação dos escritos, uso de maiúsculas e sinais), tradução ao inglês e português, correção de provas, coordenação do processo de diagramação, comunicação e orientação de autores e avaliadores, revisão de cumprimento dos critérios dos sistemas de indexação e actualização de bases de dados, e gestão da plataforma OJS e orientação a usuários.