



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Científica

Número 36(3)

Septiembre-Diciembre de 2019

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ciencias y Educación

ISSN 0124-2253

e-ISSN 2344-2350

Rector

Dr. Ricardo García Duarte

Vicerrector académico

Dr. William Fernando Castrillón Cardona

Director Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico

Dr. Giovanni Tarazona Bermúdez



Centro de
**INVESTIGACIONES Y
DESARROLLO CIENTÍFICO**

EDITORIA

PhD. Adriana Patricia Gallego Torres,
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Colombia*

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Luis Fernando Martínez-Arconada
Ecole nationale d'Ingénieurs de Tarbes, Francia

Dr. Vicente A. Talanquer
*Department of Chemistry and Biochemistry,
University of Arizona, Estados Unidos*

Dr. Marco Antonio Moreira
Instituto de Física, UFRGS, Brasil

Dra. Stephanye Zarama Alvarado
*University of Massachusetts Amherst, Estados
Unidos*

Dr. Charbel Niño El-Hani
Universidad Federal de Bahía, Brasil

Dr. Agustín Adúriz-Bravo
Universidad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Dr. Mario Quintanilla
Universidad Católica de Chile, Chile

Dr. Carlos Furio Mas
Universidad de Valencia, España

Dr. Roberto Figueroa Molina
Universidad del Atlántico, Colombia

Dra. Amparo Vilchez
Universidad de Valencia, España

Dra. Tania Pérez Bustos
Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

Dr. Ruben Gonzalez Crespo
Pontificia Universidad de Salamanca, España

Dra. Johanna Patricia Camacho González
*Área de Didáctica de las Ciencias y la Matemática
Departamento de Estudios Pedagógicos Facultad
de Filosofía y Humanidades Universidad de Chile,
Chile*

Dr. Jaime Duván Reyes Roncancio
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Colombia*

Dr. Edwin Eduardo Millan
*Facultad de Ingeniería, Universidad de la
Amazonia, Colombia*

Dra. Lucie Sauvé
Université du Québec à Montréal. Canadá

Dr. Bruno D'Amore
Universidad de Bolonia. Italia

Dr. Ali Belhocine
*Department of Mechanical Engineering, University
of Sciences and the Technology of Oran, Argelia*

COMITÉ TÉCNICO

Ingri Gisela Camacho Triana
Gestora editorial

Fabián Gullavan
Corrector de estilo español

Crimson Interactive Inc
Corrección de estilo inglés 2019-II

David Valero
Diseño y diagramación

Julieth Rincón
Marcación XML-JAST

Julián Arcila Forero
Diseño y diagramación LaTeX

NATURALEZA REVISTA CIENTÍFICA

Periodicidad

La *Revista Científica* tiene una periodicidad cuatrimestral, los números circulan los meses de enero, mayo y septiembre.

Alcance

La *Revista Científica* es una revista de acceso abierto. Publica artículos científicos en el área de las Ciencias de la Educación, cubriendo los campos de la Física, la Química, la Biología, las Matemáticas, Ciencias de la Computación, Ciencias Ambientales, Educación Científica e ingeniería. El objetivo es difundir investigaciones inéditas y originales, de calidad científica elaborados por los miembros de la comunidad académica y profesional nacional e internacional. Todas las conclusiones presentadas en los artículos deben estar basadas en el estado actual del conocimiento y soportadas por un análisis riguroso y una evaluación equilibrada. La revista acepta artículos de investigación, revisión y reflexión en español e inglés.

Indexación

Bases de datos

- Publindex Categoría C
- SciELO
- Academic Journal Database
- EMERGING SOURCES CITATION INDEX- Thomson Reuters
- EBSCO Fuente Academica Premier Plus
- EBSCO Academic Search Premier
- Google metrics
- Google Scholar
- MIAR
- Informe Académico (GALE)
- PROQUEST

Catálogos, Directorios y Repositorios

- LATINDEX
- DOAJ Directory of Open Access Journals
- Dialnet
- Sherpa/Romeo
- Dulcinea
- REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico)
- Actualidad Iberoamericana
- Periodica
- Clase
- BASE
- Journal TOCS
- SUNCAT
- NEBIS (recherche Zürich)
- find ejournal(Universidad de Chicago)
- ent (Universidad de Strasbourg)
- BIU Santé
- WILBERT (Wildauer Bücher+E-Medien Recherche-Tool)
- ERIH PLUS
- (OAJI)
- WorldCat

Dirección postal

Carrera 7 # 40-53, piso 3, Bogotá, Colombia

Correo electrónico:

revcientifica-cidc@correo.udistrital.edu.co

Página web:

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>

CONTENIDO

EDITORIAL

- Comercialización del conocimiento 279
Adriana Patricia Gallego-Torres, Jaime Duvan Reyes Roncancio

EDUCACIÓN CIENTÍFICA

- FEA Analysis of coupled thermo-mechanical response of grey cast iron material used in brake discs 280-296
Análisis FEA de la respuesta termomecánica acoplada del material de fundición gris utilizado en los discos de freno
Ali Belhocine, Asif Afzal

- Oferta y demanda de los recursos turísticos Reserva Forestal Protectora Cerro Quinini (Tibacuy-Cundinamarca) 297-312
Offer and demand tourism resources Reserve Protective Forest Cerro Quinini (Tibacuy-Cundinamarca)
Claudia Patricia Castellanos-Menjura, William Ariza-Cortés, William Fernando Castrillón-Cardona

- Diseño de un sistema de reconocimiento de patrones en imágenes termográficas y de huella plantar para la identificación de pie plano en niños con edades entre cinco y seis años 313-324
Design of a pattern recognition system in thermographic and footprint images for flatfoot identification in children between five and six years old
Milton Javier Muñoz-Neira, Anyed Stephany Martínez-Parra, Cristian Gerardo Ruiz-Adarme, Carlos Humberto Triana-Castro, Jorge Luis Cornejo-Plata

- Laboratorios de informática para mejorar el proceso de cumplimiento fiscal de Colombia 325-340
Computer labs to improve Colombia's tax compliance process
Fabián Giovanni González-Robayo, Juan Sebastián González-Sanabria, Lucero Téllez-Hernández

- RFID en el servicio bibliotecario de la UTM 341-355
RFID in the UTM librarian service
Jenmer Maricela Pinargote-Ortega, Marely del Rosario Cruz-Felipe, Gabriel Primitivo Demera-Ureta, Rubén Darío Escobar-Moreira, Gema Isabel Medranda-Cobeña

- Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control 356-366
Remote Laboratory System for practices of Control Engineering
Omar Mar-Cornelio, Iván Santana-Ching, Jorge González-Gulín

CIENCIA E INGENIERÍA

- Microenseñanza en el laboratorio de ciencias para el alumnado del grado de educación infantil 367-380
Micro-teaching in the science laboratory for degree's students early childhood education
Carles Dulsat-Ortiz

- Teaching physics through contextualised concept cartoons 381-395
Enseñanza de la física mediante Historietas Conceptuales Contextualizadas
Jaime Duvan Reyes-Roncancio, Gloria Patricia Romero-Osma, Edier Hernan Bustos-Velazco



COMERCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

La primera revista especializada fue *Journal des sçavans*, publicada en 5 de enero de 1665 en París; esta, además de incluir temas científicos, también contenía entre sus páginas temas legales y literarios. En marzo del mismo año la Royal Society en Londres publicó el primer número de *Philosophical Transactions*, dedicada exclusivamente a la ciencia y la tecnología y en esta se puede estudiar todo el avance de la historia de la ciencia hasta nuestros días. Su objetivo inicial era el de poder difundir entre las comunidades de especialistas los resultados de las investigaciones de personalidades con Newton, James Maxwell o Einstein, entre muchos otros. Esta revista también estableció la publicación fechada con el objetivo de registrar la propiedad intelectual de los descubrimientos más importantes en sus 354 años de existencia, así como la revisión por pares expertos, esto con el fin darle el carácter científico a los trabajos que se publicaban.

Pese a la intención de las primeras revistas del mundo, hoy en día nos vemos abocados a una competencia desigual en las que se logran indicios de visibilidad para que nuestras revistas sean aceptadas en bases de datos monopolizadas y explotadas económicamente por ciertos conglomerados editoriales. En este sentido, el conocimiento científico y tecnológico se convirtió en un negocio a gran escala, en el que las investigaciones más relevantes en los diferentes campos tienen costos elevados tanto para su acceso como su publicación, lo que convierte al conocimiento científico en algo exclusivo para las elites intelectuales y económicas.

Por otra parte, los escalafones de las universidades y la medición de los grupos de investigación se realizan con base en el número de publicaciones con las que cuentan las universidades en las bases de datos de pago, que en muchos casos oscila entre los mil y tres mil dólares. Lo que necesariamente nos remite a que, para poder destacar en la ciencia y la tecnología, es más imperante contar con recursos económicos y no con buenos investigadores.

La *Revista Científica* del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico es una revista dedicada a la ciencia, la ingeniería y la educación científica; con una trayectoria de dos décadas en las que desde sus inicios su única intencionalidad ha sido la de divulgar y compartir con las comunidades de especialistas las investigaciones que se han venido desarrollando, principalmente en Latinoamérica. Desde la dirección de la revista y el comité editorial rechazamos tajantemente la política de comercialización de los conocimientos que cada vez se impone más en el mundo. Seguiremos trabajando en pro de transmitir los resultados de las investigaciones en acceso abierto y esperamos que más revistas se sumen a esta postura y que logremos igualdad sin perder la calidad.

Adriana Patricia Gallego Torres PhD
Editora

Jaime Duvan Reyes Roncancio PhD
Comité Editorial



FEA Analysis of coupled thermo-mechanical response of grey cast iron material used in brake discs

Análisis FEA de la respuesta termomecánica acoplada del material de fundición gris utilizado en los discos de freno

Ali Belhocine¹  Asif Afzal²

Received: april 2019

Accepted: august 2019

Citation: Belhocine, A., Afzal, A. (2019). FEA Analysis of coupled thermo-mechanical response of grey cast iron material used in brake discs. *Revista Científica*, 36(3), 280-296. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14827>

Abstract

In this work, we will present numerical modeling using the ANSYS software adapted for finite element method, to follow the evolution of the global temperatures for the two types of brake discs, full and ventilated disc during a braking scenario. Also, the numerical simulation of the transient thermal analysis and the static structural one is performed here sequentially with the coupled thermo-structural method. A numerical procedure of calculation relies on important steps such that the CFD thermal analysis is well illustrated in 3D, showing the effects of heat distribution over the brake disc. This CFD analysis will help us in the calculation of the values of the thermal coefficients (h) that will be exploited in the 3D transient evolution of the brake disc temperatures. Three different brake disc materials were selected in this simulation and a comparative analysis of the results was conducted in order to derive the one with the best thermal behavior. Finally, the resolution of the coupled thermomechanical model allows us to visualize other

important results of this research such as; the deformations, and the equivalent stresses of Von Mises of the disc, as well as the contact pressure of the brake pads. Following our analysis and the results we draw from it, we derive several conclusions. The choice will allow us to deliver the best suitable design of the brake rotor to ensure and guarantee the good braking performance of vehicles.

Keywords: brake disc, pad, contact, gray cast iron, Von Mises stress, contact pressure.

Resumen

En este trabajo, presentaremos el modelado numérico utilizando el software ANSYS adaptado para el método de elementos finitos, para seguir la evolución de las temperaturas globales para los dos tipos de discos de freno, disco lleno y disco ventilado durante un escenario de frenado. Además, la simulación numérica del análisis térmico transitorio y el estructural estático se realiza aquí secuencialmente con el método termoestructural acoplado. Un procedimiento numérico de cálculo se basa en pasos

¹. Department of Mechanical Engineering, University of Sciences and the Technology of Oran , L.P 1505 El -MNAOUER, USTO 31000 Oran, Algeria , belhocine.2018@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7957-7571>
². Department of Mechanical Engineering, P. A. College of Engineering, Mangalore, India. asif_mech@pace.edu.in

importantes, de modo que el análisis térmico de los CFDs está bien ilustrado en 3D, mostrando los efectos de la distribución del calor sobre el disco de freno. Este análisis de CFDs nos ayudará en el cálculo de los valores de los coeficientes térmicos (h) que se utilizarán en la evolución transitoria 3D de las temperaturas de los discos de freno. En esta simulación se seleccionaron tres materiales diferentes de discos de freno y se realizó un análisis comparativo de los resultados para obtener el que tuviera el mejor comportamiento térmico. Finalmente, la resolución del modelo termomecánico acoplado nos permite visualizar otros resultados importantes de esta investigación como son: las deformaciones y las tensiones equivalentes de Von Mises del disco, así como la presión de contacto de las pastillas de freno. Tras nuestro análisis y los resultados que obtenemos de él, obtenemos varias conclusiones. La elección nos permitirá ofrecer el diseño más adecuado del rotor de freno para asegurar y garantizar el buen rendimiento de frenado de los vehículos.

Palabras clave: disco del freno, almohadilla; contacto, hierro fundido gris, el estrés de Von Mises, presión de contacto.

Introduction

The automobile is a complex integration of electronics and mechanical parts. One of the major components is the braking system which is limited due to its shortcomings. The specific air flow surrounding the brake rotor depends on the thermal performance of the disc brake and hence, the aerodynamics is an important in the region of brake components (Belhocine and Wan-Omar, 2017). It is obvious, therefore, that the calculation of the heat transfer coefficient (h) in simulation and numerical modeling is very serious. However, this coefficient is very difficult to evaluate; because of the complexity of friction phenomenon in the braking phase of automobiles. Abdullah and Schlattmann (2016) developed fully coupled thermal-mechanical approach to find the solution of thermoelastic problem of the sliding systems in dry condition using a numerical approach based on the finite

element technique. Abdullah and Schlattmann (2016) conducted a numerical study using developed axisymmetric models to simulate the frictional part of dry clutch system. In the work done by Tang *et al.* (2014), and in the context of improving the accuracy of coupled computation techniques (CFD and FE), a modeling of the transient thermal transfer of brake disc was presented by the authors. Adamowicz and Grzes (2012) used the finite element technique (FEM) in their study to clarify the effect of the convection transfer coefficient (h) around a full disc during its heat dissipation phase. Ishak *et al.* (2018) developed a one dimensional model of leading-trailing drum-type parking brake and then verified with experiments test bench. Belhocine and Nouby (2016) developed a finite element model of the whole disc brake assembly and validated by using experimental modal analysis.

The main purpose of this scientific contribution is to present a numerical simulation during a stop braking step in order to visualize the thermo-mechanical behavior of the automobile brake discs while considering the generation of an initial heat flow generated by friction between both parts in dry contact (the rotor and the brake pads). We will focus first, on the actual evaluation of the values of time-dependent heat transfer coefficients (HTC), by adopting the ANSYS CFX code to which they will be used in the prediction of the transient temperatures of brake discs while seeing the performance of three gray cast irons. Our general concern here is to identify the disc material that is more tolerant to temperature increases. Thus, comparative results on the temperatures of the two discs allowed us to get the best cooling style that is used in the prototype of manufacture of automotive brake discs. These are then compared with experimental results obtained from literatures that measured ventilated discs surface temperatures to validate the accuracy of the results from this simulation model. This simulation will allow us to visualize some important results such as, the global deformations and the Von Mises stress of the model (disc-pads), the field of contact pressure of the inner pads as well as, the

influence of the brake pad groove and the mode of loading exerted by the piston on the stresses established on the structure. These simulation results are satisfactorily verified by comparing with similar literature result. Thus, this study provides effective reference for design and engineering application of the brake disc and brake pad. The obtained results by this simulation can be considered as a guideline to the automotive braking with the thermal gradients and the damage phenomena of damage observed in disc brakes.

Brake disc kinds

We know in the field of the automobile, two kinds of brake discs; full discs and ventilated ones. Full discs usually have a crown attached to the bowl of the disc which is nailed to the wheel of the vehicle (figure 1a). Ventilated brake discs are modern discs of complex shape used in our time when they are equipped at the front axles of vehicles by constituting two so-called broken crowns which are separated by fins (figure 1b).

CFD modelling and analysis with ANSYS CFX

Governing equations

In this analysis, we will present a simplified model and simulation of a surface flux of heat in the brake

disc caused by friction while using ANSYS CFX software. The model we found here in this study is similar to that developed by Palmer *et al.* (2009).

Continuity Equation:

The conservation equation of mass in the case of compressible and incompressible fluids is defined as follows

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho u) = S_m \quad (1)$$

where S_m is the mass added to the continuous phase from the dispersed second phase.

Momentum (Navier Stokes) Equations:

In the inertial frame, the general equation the conservation of momentum is given by the form:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla(v v) = -\nabla p + \nabla(\tau) + \rho g + F \quad (2)$$

where the stress tensor τ is of the form:

$$\tau = \pm \mu \left[(\nabla v + \nabla v^T) - \frac{2}{3} \nabla \cdot v I \right] \quad (3)$$

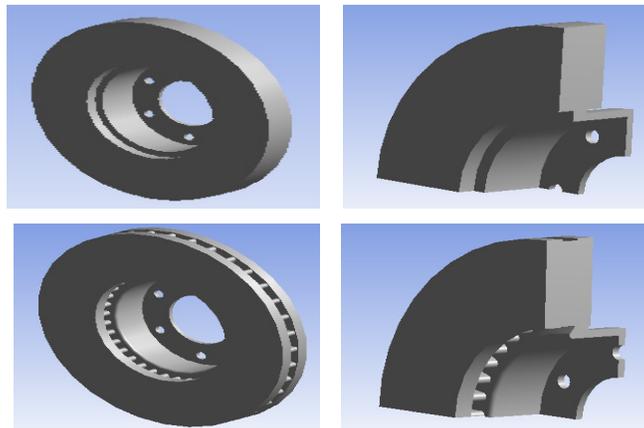


Figure 1. CAD model of discs brakes: (a) Full disc (b) Ventilated disc.

The left term of equation (2) can be reduced to the form below by using the rotating reference frame (RRF) technique in the case of a rotating brake disc and in absolute speeds.

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla(\rho v_r, v) + \rho(\Omega \times v) \quad (4)$$

where, Ω and v_r are respectively the angular velocity and the absolute velocity, the continuity equation used in the analysis (RRF) is expressed;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho v_r) = S_m \quad (5)$$

Heat flux entering the disc

The general formula for calculating the initial flux entering the automotive brake disc can be expressed as follows (Reimpel, 1998):

$$q_0 = \frac{1 - \phi}{2} \frac{m g v_0 z}{2 A_d \varepsilon_p} \quad (6)$$

where g is the acceleration of gravity ($9.81 \text{ [ms}^{-2}\text{]}$), a is the deceleration of the automobile [ms^{-2}], $z = a/g$ is the braking efficiency. Given the complexity of the phenomenon treated, we will assume that the thermal flux entering the rotor and the brake pads replace the effect of dry friction between the two bodies in contact, as shown in figure 2.

k-ε Turbulent Model

The turbulence model (k-ε) is the most widely used model in the field of analysis (CFD) as a numerical simulation of the average flow characteristics in the turbulent flow regime. It is a two-equation model that gives a general description of turbulence using two transport equations (PDE) one for turbulent kinetic energy (k) and the other for dissipation (ε). For current models, the model provides a good agreement for accuracy and virility.

CFD analysis with ANSYS CFX

Various external and internal faces of the two structures, full and ventilated disc that were derived from the code ANSYS ICEM CFD are shown in figures 3 and 4.

The mesh is realized here in linear tetrahedral elements with 179798 elements and 30717 nodes (figure 5). The ANSYS-CFX code solves the CFD aerodynamic model of the brake disc while basing on the transitory type of the problem whose all boundary conditions were injected in both domains (solid and fluid).

Boundary conditions and computational details

In this calculation, given the symmetry of the disc and the periodic repetition due to rotation of the rotor, the entire model of the disc is reduced and

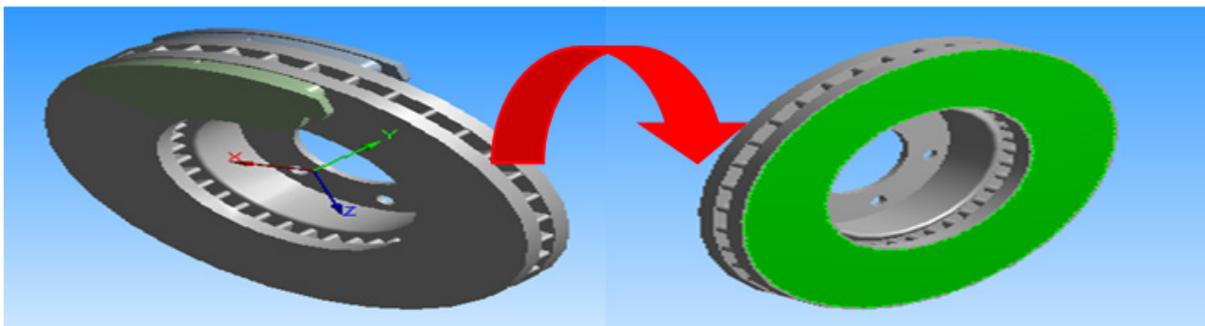


Figure 2. Heat flux from braking friction.

simplified to only a quarter to reduce the simulation calculation time, that is why the conditions boundary, periodic and symmetrical have been so designated.

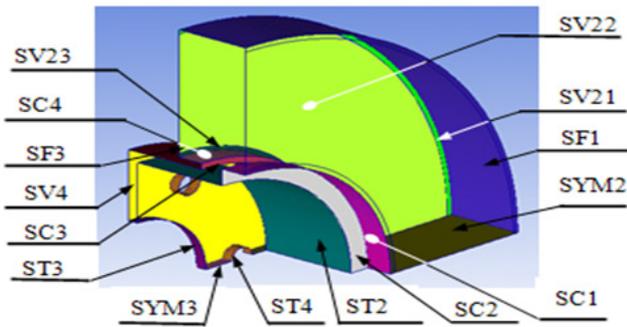


Figure 3. Quarter of full disc showing the assignment of face names in the simulation.

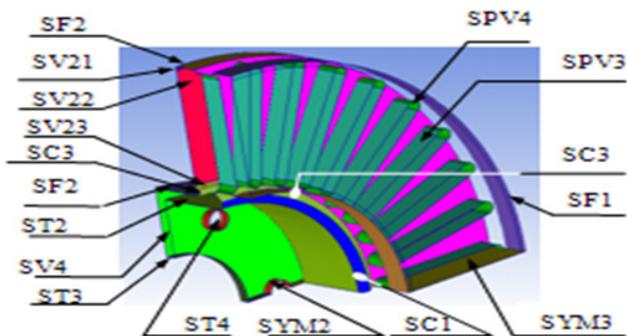


Figure 4. Quarter of the ventilated disc showing the assignment of face names.

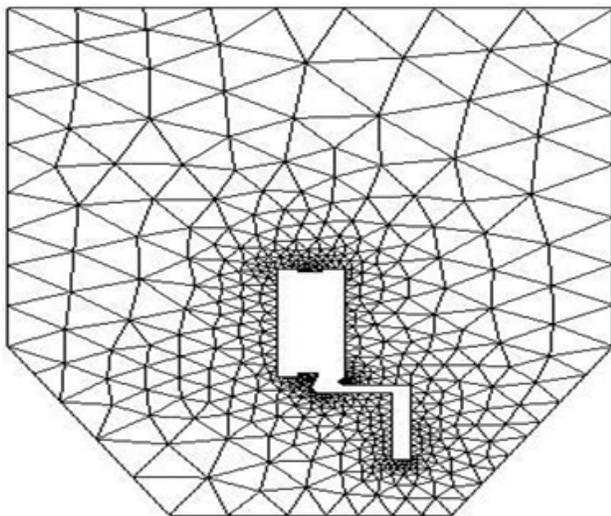


Figure 5. Wall meshes for the CFD simulation.

In order to easily model the rotational aspect of the automobile brake disc in the environment, the output and inlet edges of the fluid model are maintained in atmospheric temperature and pressure. The surrounding air temperature of the disc is set at 20 °C using a rotating reference frame for the management of the brake disc movement. Symmetrical boundary conditions are also used to produce shear walls with zero shears. The CFD model developed in ANSYS CFX used in the search for exchange coefficient values (h) is well shown in figure 6.

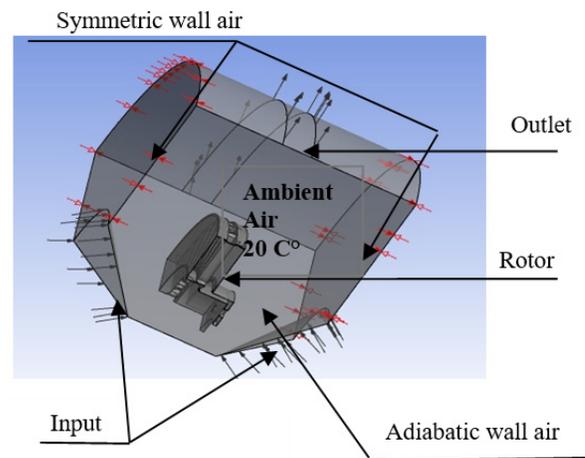


Figure 6. CFD model of ventilated disc brake.

Finite-Element Modelling

Modelling Assumptions

The standard dimensions of the full and ventilated brake disc are identical in this numerical simulation to ensure a better comparison of the results. Table 1 lists all the physical parameters and the geometric dimensions of the brake disc used in numerical calculations.

The material of the brake disc that we have opted for in this simulation having a carbonaceous assembly is gray cast iron (FG15) (Gotowicki *et al.*, 2005), having excellent tribo-thermomechanical properties. We consider that brake pads having a material characterized by purely isotropic elastic behavior whose properties of the two parts involved are explained in table 2 below.

Table 1. Design parameters of brake disc.

Parameter	Value
Inside diameter of the disc, mm	66
Outside diameter of the disc, mm	262
Disc thickness (TH), mm	29
Disc height (H), mm	51
Weight of the car m , kg	1385
Initial velocity v_{or} , m/s	28
Deceleration a , m/s^2	8
Time of braking t_b , s	3.5
Effective disc radius R_{disc} , mm	100.5
Ratio braking forces distribution ϕ , %	20
Factor of disc charge distribution ϵ_p	0.5
Disc's swept area A_{dt} , mm^2	35993

Table 2. Properties of the disc and pad.

Material Properties	Disc	Pad
Thermal conductivity, k (W/m°C)	57	5
Volumetric mass density, (kg/m ³)	7250	1400
Specific heat capacity, c (J/Kg. °C)	460	1000
Poisson's ratio,	0.28	0.25
Friction coefficient, μ	0.2	0.2
Young modulus, E (GPa)	138	1

Mesh of disc brake model

The final mesh therefore comprises 172103 nodes and 114421 elements for the full disc, and 154679 nodes and 94117 elements for the ventilated disc, as it is represented in figure 7.

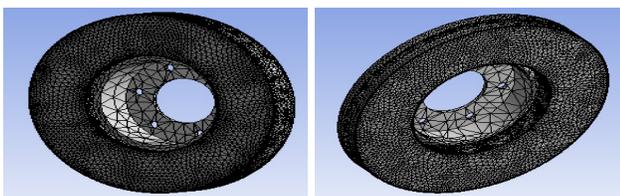


Figure 7. Disc brake mesh model: (a) Full disc, (b) Ventilating disc.

Boundary conditions applied to the model

The parameters of the initial, minimum and maximum and final time increment for the simulation shall be inserted at the values (0.25 s, 0.125 s, 0.5 s, 45 s) respectively, maintaining the initial temperature of the disc at 20 °C. The thermophysical characteristics of the 3 types of gray cast iron brake discs (FG 15, FG20, and FG25AL) are introduced in the simulation. The values of the convection exchange coefficient (h) for each face of the brake disc must be imported from the CFX analysis results and must be used in the ANSYS Workbench Multiphysics analysis. These will be shown in the following in the graphs of figure 13 (a)-(b). The heat flux imposed on the lateral surfaces corresponds to their values resulting from the CFX analysis.

Experimental setup

The numerical results of the thermal simulation obtained in this work using ANSYS are validated using the results of the work of Stephens (2006), which was an experimental investigation on temperature distribution of ventilated brake rotor disc.

Temperature measuring with embedded thermocouple

The temperature measurement was conducted using Cu thermocouples integrated in the disc brake rotors according to VDA285-1, which became accredited until the year 1996, at the mean friction radius as shown in figure 8(a). The temperature pot-side was measured also by a Cu-embedded thermocouple as shown in figure 8(b). The thermocouples have a cylindrical shape in this case with the sizes $\varnothing = 3\text{mm}$ and $h = 3\text{mm}$ as in figure 8(c). The connecting wires were insulated on the brake-rotor-side and were connected to the signal amplifier.

Disc brake thermocouples

Thermocouples is the favored choice for testers due to their cost, ease of use and availability, and are

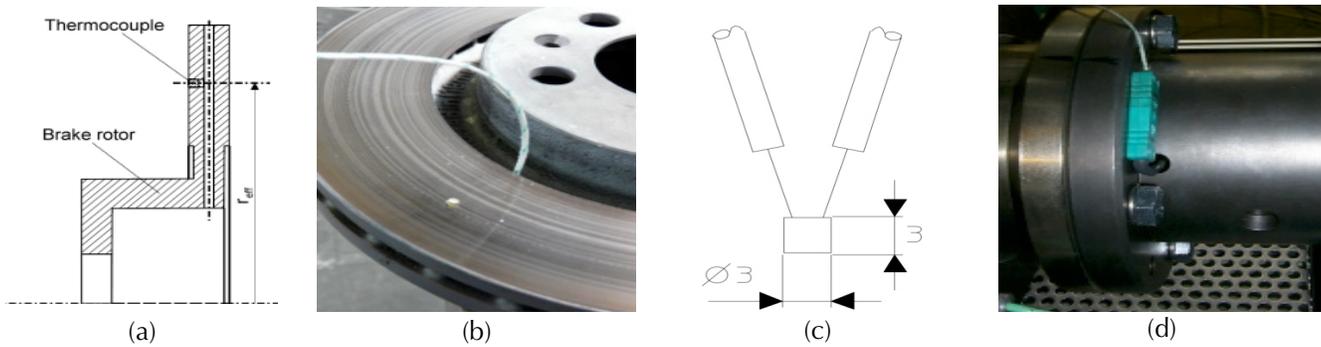


Figure 8. Temperature measuring with embedded thermocouple as per VDA285-1.

one of the most stable methods of measuring the temperature of disc brakes in vehicles with rubbing disc brakes. The device contains a K-type thermocouple, which is made using a silver wire welded to a flat piece of copper plate, and this plate is strongly supported against the rotating disc by a steel spring. An elementary diagram of the thermocouple is provided in figure 9.

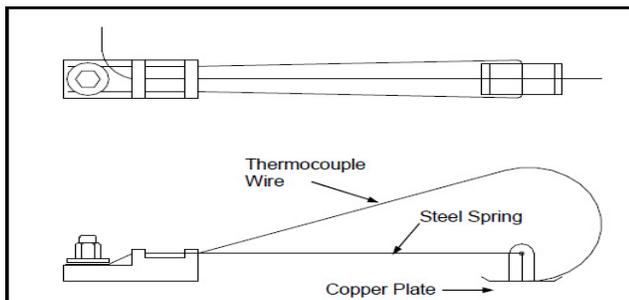


Figure 9. Diagram of disc brake thermocouple.

Experimental procedure

The brake was connected to the external applicator and the right rear wheel of the racing vehicle was fitted in the brake test rig as shown in figure 10. The rubbing thermocouple was positioned to measure the temperature on the inner surface of the rotor. The thermocouple data were recorded in the PC via a Fluke data logger.

The tests were performed by rotating the wheel at a constant speed approximately equal the vehicle speed of 108 km/h. A progressive braking load was applied and the temperatures were recorded at very short intervals of 0.01 seconds. The method

started with the disc heating up to a temperature of about 345 °C, at which point the braking load was released. The recording continued there on until the temperature of the rotor dropped to about 200 °C. The results of the thermocouple readings were obtained directly from the PC in temperature scale.

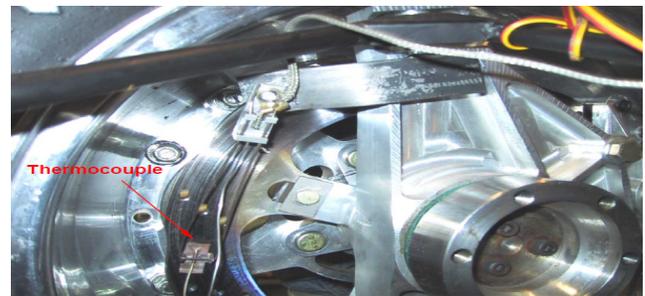


Figure 10. Close up view of thermocouple in position.

Results and discussion of CFD analysis

Steady State Cases

The results obtained from the distribution of the wall heat transfer coefficient of the two of the discs in stationary state are illustrated in the figures 11 and 12.

Table 3 lists the average heat transfer coefficients of the named surfaces in the CFD model of the full brake disc made of the material FG15.

The distribution of the heat transfer coefficient to the wall (h) according to the three types of brake disc materials is well represented in figures 11-12. It is observed that the variation of (h) in the brake disc does not subordinate to the material and that this one is not the same one found in the specialized literature.

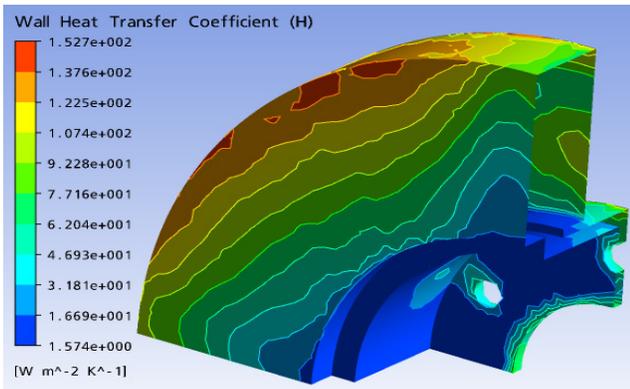


Figure 11. Values of heat transfer coefficient at the wall of full disc with material FG15 in steady state thermal analysis.

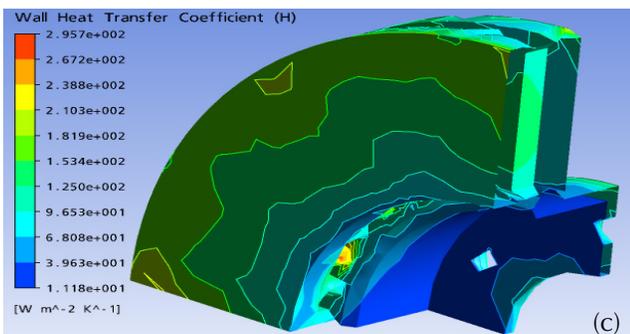
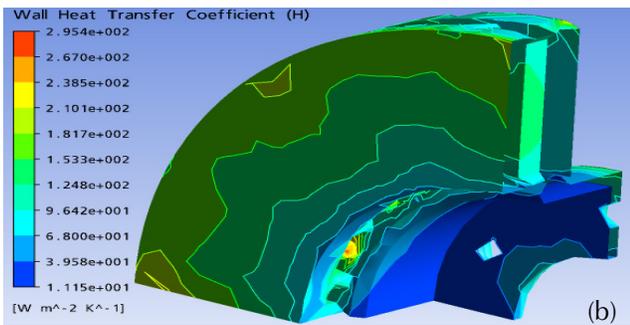
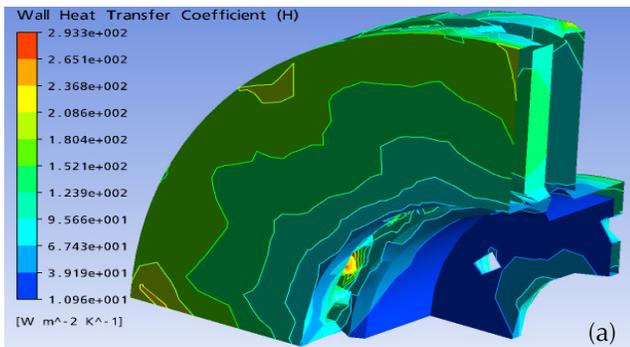


Figure 12. Values of heat transfer coefficient at the wall of the ventilated discs with materials (a) FG25 AL, (b) FG20 and (c) FG15 in steady state thermal analysis.

Table 3. Values of the wall heat transfer coefficients of different surfaces in the steady state case for a full disc with material FG15.

Surface	Material FG15	
	$h_{average} = [W m^{-2} k^{-1}]$	
SC1	25.3	
SC2	5.2	
SC3	2.9	
SC4	11.7	
SF1	111.2	
SF3	53.1	
ST2	23.2	
ST3	65.7	
ST4	44.2	
SV1	81.3	
SV2	71.7	
SV3	41.8	
SV4	65.8	

From the maximum and minimum values of the various areas of the ventilated brake disc, the average values of the heat transfer coefficient can be taken from the wall (h). These harvested data are grouped together in table 4. From the observation, it can be seen that there is no significant variation in this coefficient (h) when changing the material of the brake disc. Contrary to what we have seen, the heat transfer coefficient values at the wall are much more influenced by the ventilation system of the brake disc for the same material (FG15).

Transient Cases

Evaluation of the heat exchange coefficient (h)

Figure 13(a)-(b) show the evolution of the heat transfer coefficient (h) at each surface of the full and ventilated disc, as a function of time. We will use these two graphs later to predict the three-dimensional distribution of the two brake discs. It can be said that the values of the convective heat exchange coefficient (h) vary according to the geometric design of the disc, whether it is full or ventilated and, it is quite rational that the aeration generates the decrease of the maximum temperatures at the walls.

Table 4. Values of the wall heat transfer coefficients of different surfaces in steady state case for ventilated discs with materials FG25 AL, FG20 and FG15.

Materials	FG25	FG20	FG15
Surface	$h_{\text{average}} = [\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}]$		
SC1	54.1	53.9	53.8
SC2	84.6	83.7	83.6
SC3	44.4	44.3	44.3
SF1 and 2	135.4	135	135
SF3	97.1	95	94.8
SPV1	170.6	171.4	171.5
SPV2	134.1	134.3	134.3
SPV3	191.2	191.9	192
SPV4	175.2	176.1	176.3
ST1	113.6	114.4	114.4
ST2	35.1	34.5	34.3
ST3	68.3	66.3	66
ST4	75.1	72.1	71.6
SV1	135.59	131.1	131.2
SV2	119.2	118.4	118.2
SV3	46.7	44.8	44.5
SV4	111.6	108.5	108.2

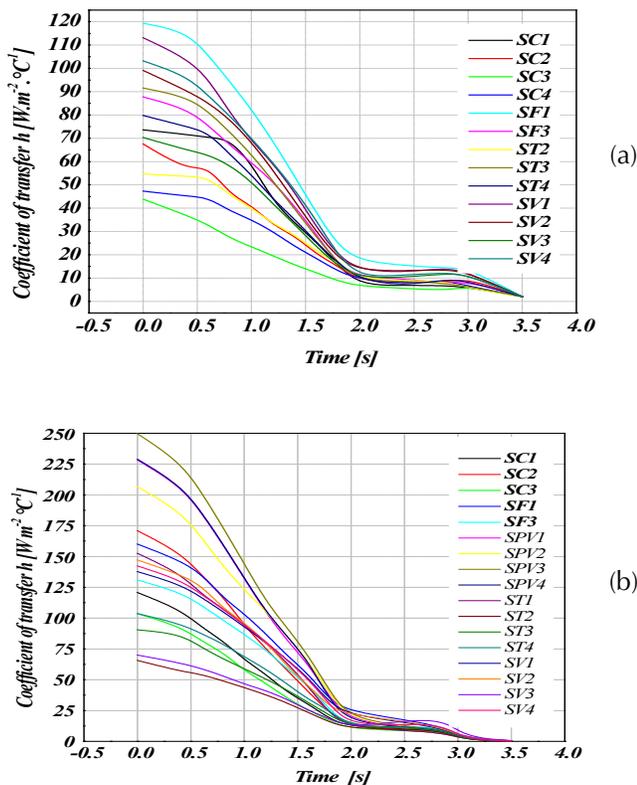


Figure 13. Heat transfer coefficient (h) versus time at different disc surfaces at material FG15 in transient thermal case for (a) full disc faces, and (b) ventilated disc.

Results and discussion of FEM analysis

Model validation against experimental data

The analysis in this work is compared to available literatures to ensure the reliability of the results. Figure 14 shows the time variation of the observed disc temperature against the values of (Stephens, 2006). Figure 14 shows that the temperature results from both the thermocouple and the finite element software ANSYS 11.0 of the ventilated disc brake made of material FG15 are very similar. It is believed that the response of the thermocouple is a little slower in cooling than heating due to residual heat in its rubbing components. But the variations is so small as shown in the figure, such that it was decided that the level of accuracy of rubbing type thermocouples used in the experimental stages of this research is acceptable. It can also be concluded that the transient thermal simulation of the ventilated disc, performed by the finite element method, gives us a good correlation with the thermocouple measurements.

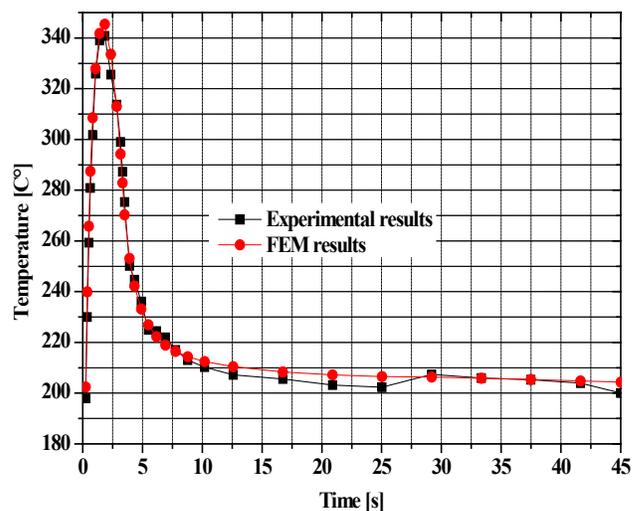


Figure 14. Validation of the FEM model against experiments by Stephens (2006).

Results of the disc temperature

In order to perform a multi-step analysis, in order to simulate the thermal behavior of a full,

ventilated automotive brake disc, we used the ANSYS Workbench 11.0 software under a transient thermal analysis. The internal and external surfaces of the brake disc are biased to a symmetrical heat flow during mutual sliding of the disc in a rotational movement around the fixed brake pads. During this cyclic mechanism, we distinguish the alternation of two thermal phenomena associated with convection; it is in this case, the heating and cooling of the brake disc.

The transient thermal analysis of the two discs, full and ventilated brake discs were performed using finite element (FE) software. The calculation does not last very long, which is a positive point. The results of the temperature distribution (3D) for the three materials namely; the gray cast iron FG25AL, FG20 and FG15 are provided in figure 15. It should be understood that the material

having a lower thermal conductivity thus generates important thermal gradients and consequently an increase in the surface temperature of the brake disc. To make the choice of material and to know if it is profitable, we tested the one that cools better, it is necessary to remember that one wants to have a material which does not preserve the heat. From the results provided by this simulation, it can be seen that the ventilated discs made of the materials FG20 and FG25AL, respectively, will have temperatures reaching 351.5 and 380.2 °C, which in turn, are greater than that of the ventilated disc of material FG15 having a maximum temperature of 345.4 °C as indicated in figure 16. It can thus be concluded that the most suitable material in this case for the brake discs is the gray cast iron FG15 which presents the better thermal performance.

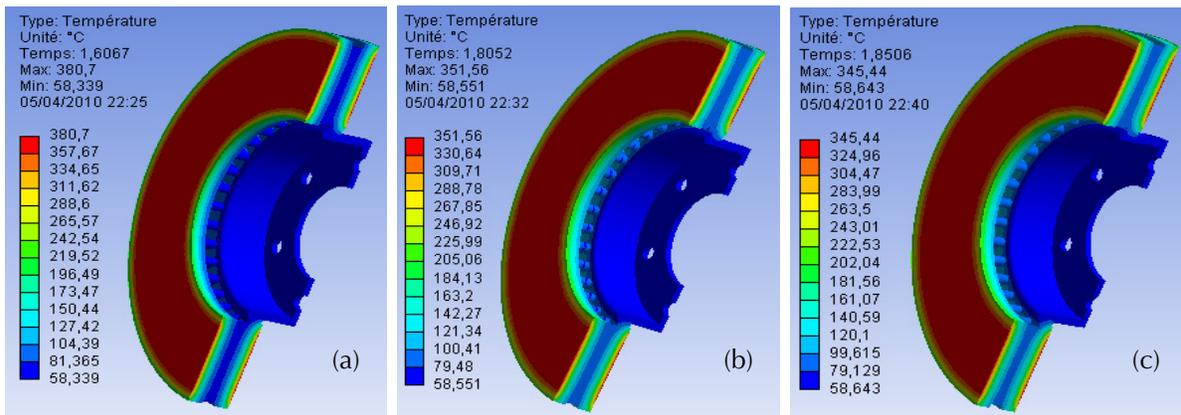


Figure 15. Temperature plot of ventilated discs for three materials gray cast iron (a) FG25 AL, (b) FG20, and (c) FG15.

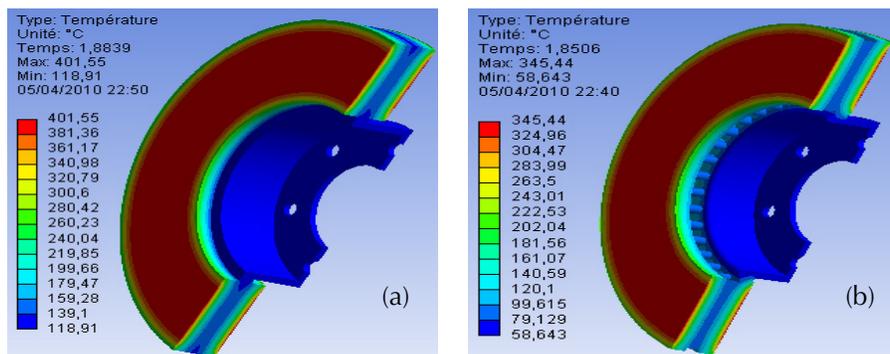
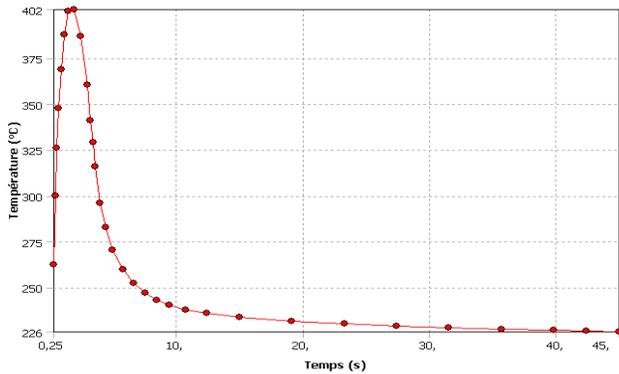
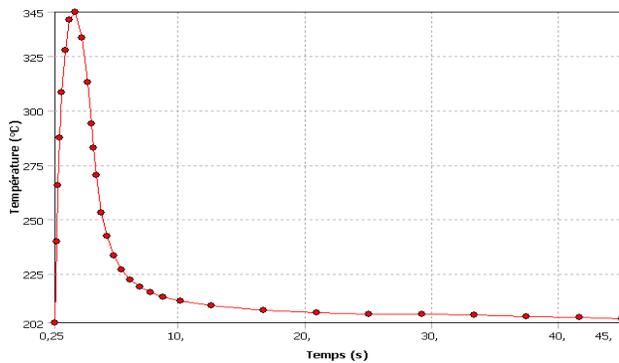


Figure 16. Temperature plot on disc brake of the same material (FG15) (a) Full disc, (b) Ventilated disc.

Figure 17 shows the temperature of the brake disc at time $t = 1.8$ s reaching a maximum value of 401.5 °C, and after that, it decreases exponentially at 4.9 s until it reaches braking cycle termination at instant, $t = 45$ s. The forced convection step is well designated in the temporary interval between the instant 0 s and 3.5 s, as shown in figure 17. On the other hand, the natural or free convection is quite marked after the duration of the forced convection arriving at the end of braking time, which is the total time of the simulation ($t = 45$ s). It can be seen from the graphs that the temperature of the full brake disc exceeds that of the ventilated disc with a difference of 60 °C. Finally, we can draw the conclusion that the ventilated brake disc allows us to provide better cooling therefore, better endurance and gives us an ability to dissipate more heat for braking efficiency.



(a)



(b)

Figure 17. Disc temperature versus time for (a) full disc and (b) ventilated disc, for material gray cast iron FG15.

Coupled thermo-mechanical analysis

Calculation of hydraulic pressure

In order to proceed with the preliminary mechanical calculation, we will determine the constant value of the hydraulic pressure exerted by the piston on the inner brake pad. For this, we will assume that the rate of 60 % of the braking forces is maintained both front brake discs, giving a percentage of 30 % for each rotor (Mackin *et al.*, 2002).

$$F_{disc} = \frac{(30\%) \frac{1}{2} m \vec{v}_0^2}{2 \frac{R_{rotor}}{R_{tires}} \left(v_0 t_{stop} - \frac{1}{2} \left\{ \frac{v_0}{t_{stop}} \right\} t_{stop}^2 \right)} = 1047.36 [N] \quad (7)$$

$$\omega = \frac{v_0}{R_{tires}} = 157.89 \text{ rad/s} \quad (8)$$

Using the above calculations, the value of the hydraulic pressure P is obtained from the following form (Oder *et al.*, 2009)

$$P = \frac{F_{disc}}{A_c \mu} = 1 [MPa] \quad (9)$$

Where μ , is the friction coefficient, A_c is the surface of the brake pad in contact with the brake disc.

FE model and boundary conditions

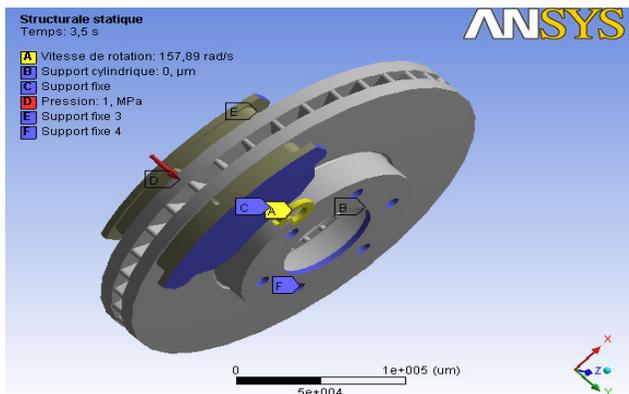
The limit conditions applied to the model result from the assumptions and model choices presented above. Figure 18 (a) and (b) shows the boundary conditions imposed on an FE model, consisting of a brake disc and two brake pads in dry contact in the case, of pressure exerted on one side of the pad and that of a double pressure on both sides of the pad.

As we have done a thermal analysis, the conditions to be taken into account are those which will influence the thermal phenomena such as the ambient temperature which is the initial temperature of disc 20 °C, the thermal flow and that of convection imposed on all the surfaces of the brake

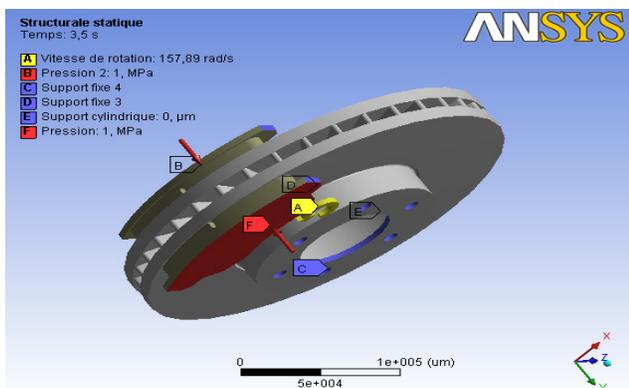
disc while for the two brake pads (Abu Bakar *et al.*, 2010), a convection heat exchange coefficient (h) of value $5 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$ is applied on their outer surfaces on both sides (figure 19).

For structural boundary conditions, we know that the brake disc is fixed to the mounting holes thus requiring fixed support on these holes taking into account its rotational speed (Coudeyras, 2009). $\omega = 157.89 \text{ rad / sec}$. The internal disc diameter is sustained at fixed support for both radial directions while the tangential direction is left free in this simulation.

The structural boundary conditions applied to pads are also introduced. We imposed pressure of 1 MPa on the piston pad while maintaining fixed support on the finger pad while on the contact surface; the pad is assembled on its edges at the perpendicular plane. The friction between the two disc-brake pad parts is defined by a coefficient equal to 0.2.



(a) One piston



(b) Two pistons

Figure 18. Loading conditions for disc brake assembly.

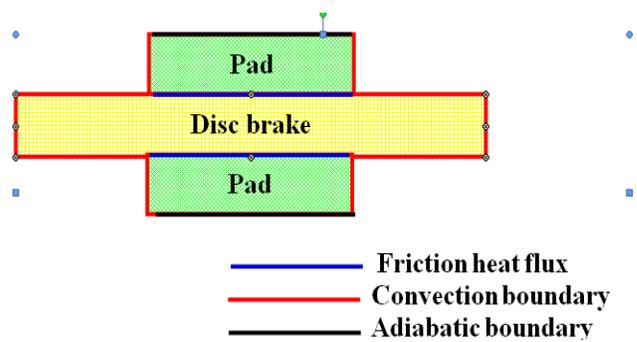


Figure 19. Thermal boundary condition applied to the model.

Geometry and mesh

Three-dimensional mesh of ventilated disc was developed under the ANSYS software (figure 20). The total number of nodes is 185901 while the total number of elements is 113367.

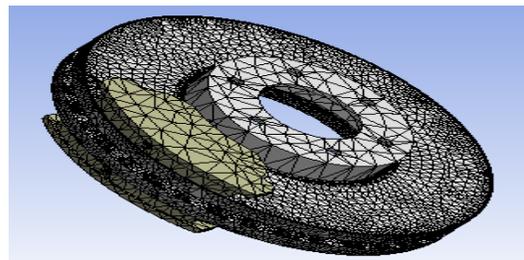


Figure 20. Meshed model of disc brake assembly.

Thermal distortion

Figure 21 shows the maps of the total deformation of the whole model (disc-brake pads) evaluated at times $t = 1.7271\text{s}$, 3.5s , 30s and 45s . According to this figure, the maximum total deformation recorded at time $t = 3.5 \text{ s}$ is of the order of $284.55 \mu\text{m}$, where it coincides with the braking moment. It is obvious that a strong distribution amplifies with time as well on the tracks of friction of the disc and its outer ring that its fins of cooling. Indeed, at the beginning of the braking, relatively homogeneous, relatively homogeneous, hot bands appear on the friction tracks of the disc. During braking, this hot strip with hot spots gradually migrates to the inner radius. Hot spots intensify to form stationary

macroscopic hot spots at the inner radius. At the end of the braking, the intensity decreases and the surface gradients homogenize. The migration of the locations is explained by the difference in expansion between the track of the disc and its rear face, leading to an “umbrella” deformed disc during warm-up. Deformation of the structure therefore, has a preponderant role in the migration of thermal locations.

Von Mises stress distribution

The model provides access to Von Mises stress distribution mapping at the start of braking (figure 22) and after cooling the sector to ambient temperature. The distribution is well noted here in an order ranging from 0 to 495.56 MPa. The great value recorded during this modeling in thermomechanical coupling is very significant when compared to mechanical dry contact analysis under the same braking conditions. According to the established conclusion, the Von Mises stresses are maximum in the outer band at the level of the brake disc bowl at the instant 3.5 s, corresponding

to the moment when the thermal gradient in the thickness of the track is the most important. Indeed, the brake disc is fixed to the hub by bolts in order to prevent its movement and as soon as it starts to rotate, torsion and shear stresses have just been produced at the level of its bowl which generates automatically stress concentrations around its fixing holes. The disc bowl thus risks a mechanical rupture under repetitions of these undesirable effects during the braking process. The general evolution of the stresses in the disc during the braking-cooling cycle is in agreement with the phenomena described in the previous literature searches.

Contact pressure distribution

Figure 23 shows the mapping of the contact pressure at the friction interface between the internal brake pads and the brake disc with various simulation times. In these, the maximum contact pressures evaluated are of the order of 3.3477 MPa at the instant when the rotational speed is zero $t = 3.5$ s. It can also be seen that this maximum value

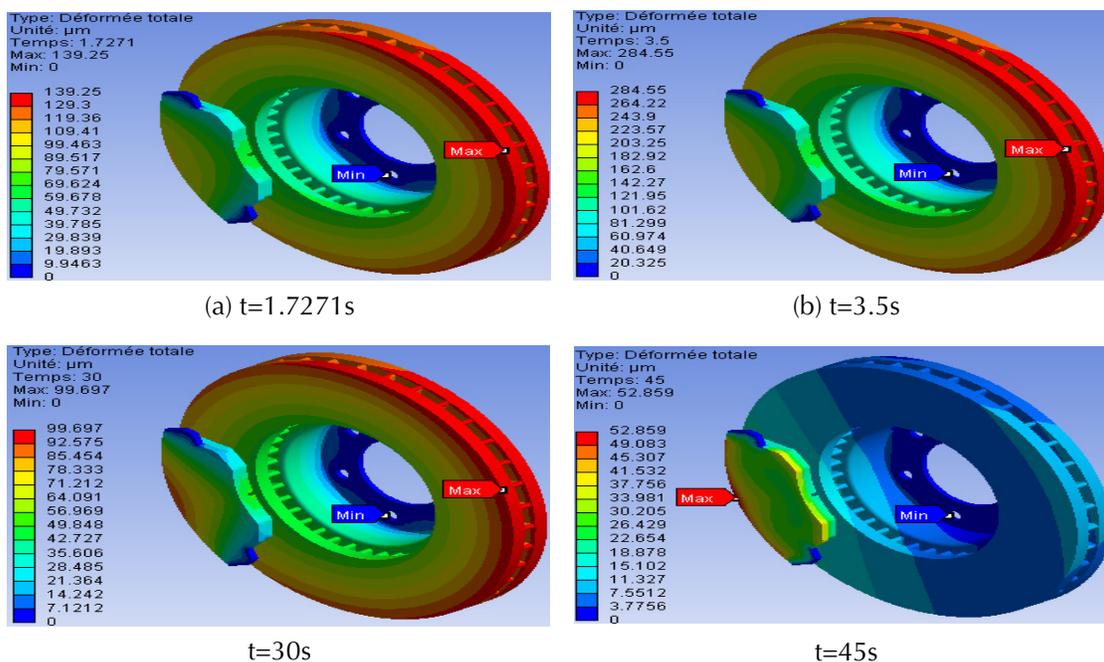


Figure 21. Total deformation of disc-pad model.

is in the leading edges of the pads towards the trailing edge by friction. Moreover, the distribution of the contact pressure is quite symmetrical with respect to the groove of the brake pads. In the thermomechanical coupling that we carried out here, it is clear that the contact pressures are not negligible and can reach locally very high values, of the order of GPa. The plastic flow observed in the sliding direction attests well to the severity of the friction forces, so very high contact pressure.

Von Mises stress at the inner pad

In order to study the influence of the groove of the brake pads as well as loading modes applied to the pistons (single-pressure and double-pressure). We solve the model and ask for the equivalent Von Mises stress of three different designs. Brake pads in this case, brake pad with center groove subject to a single double piston. We obtain the following visuals that are grouped in figures 24 (a) to 24 (c). It can be seen that almost all the contact pads

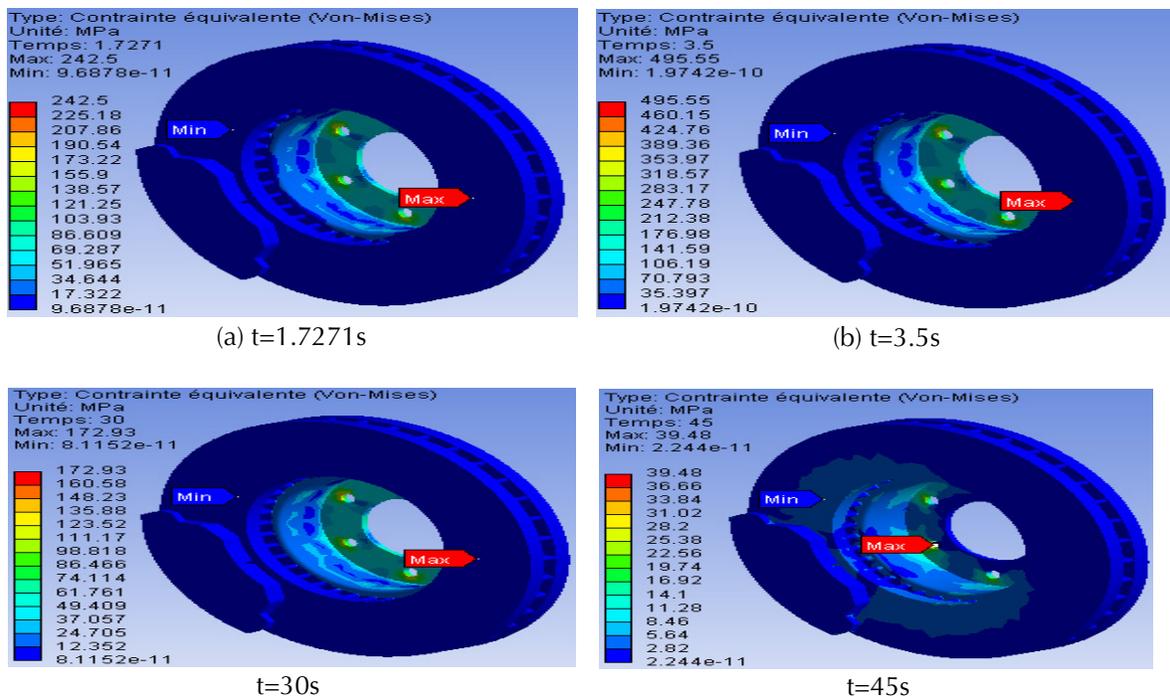


Figure 22. Von Mises equivalent stress obtained step by step

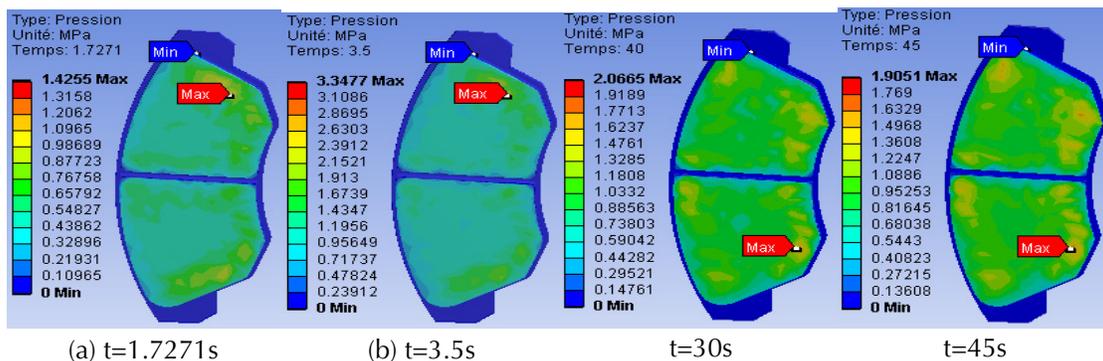
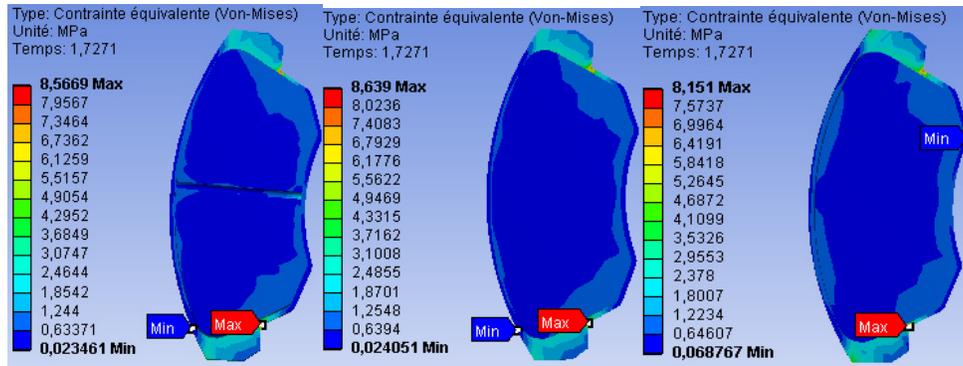


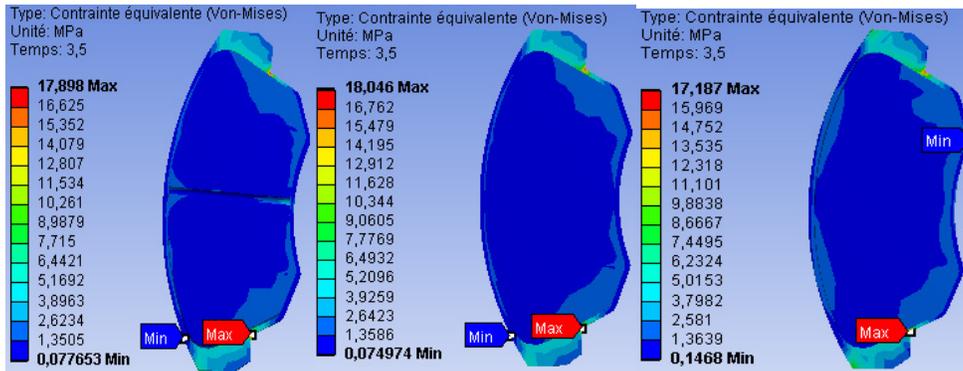
Figure 23. Contact pressure distribution in the inner pad.

of the brake pads are dressed in a dark blue color meaning low stresses at the beginning of the braking moment ($t = 1.7$ s). Nevertheless, from the moment of the end of braking $t = 45$ s, the scale of the constraints of Von Mises becomes more important whose vision of the colors becomes practically

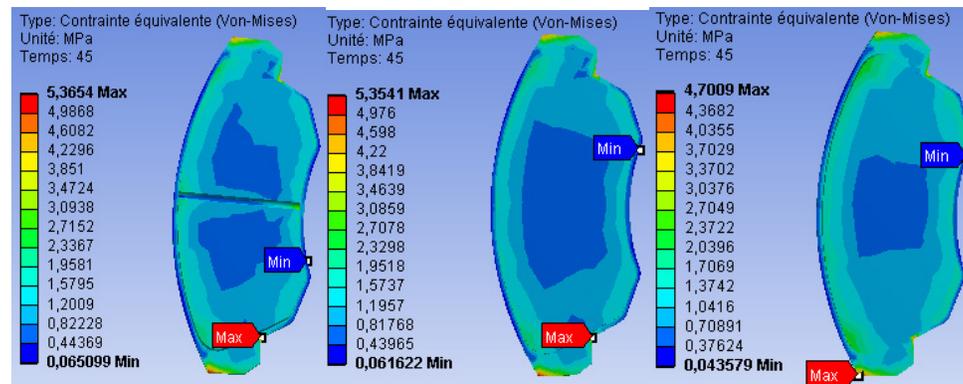
blue ocean whose distribution is well noticed on the three conceptions. It can be concluded that the existence of a groove in a brake pad and the presence of a mechanical double piston loading have a positive influence on the distribution of brake pad stresses.



-a- : at time $t = 1.7s$



-b- : at time $t = 3.5s$



-c- : at time $t = 45s$

Figure 24. Distribution of Von Mises stress at different braking time: Single piston with pad center-groove (left), Single piston without groove (center) and Double piston without pad groove (right).

Conclusion

In the transport sector, braking is a major problem. It is a question of obtaining on this safety equipment a systematic reliability with an acceptable cost, whereas the phenomena which are attached to it are complex. In general, from the point of view of the thermal, the braking system is considered to be composed of only three elements: the disc in motion at variable speed, on which are rubbed the two pads which are subjected to pressure evolving over time. The phenomenon of induced friction will generate a dissipation of thermal power at the interface and will cause a sharp increase in temperature may deteriorate the equipment. The temperature level reached will be directly related to the way in which the heat is transferred into its immediate environment, that is to say the disc and the two pads. In this paper, we presented a complex modeling of convection-driven brake discs in order to predict the heat transfer coefficients (h) during the aerodynamic conditions of the braking stage by using the software adapted in elements. ANSYS CFX finishes. Moreover the important results resulting from this numerical computation were used to study the transient thermal scenario during the braking and which was executed on the two full and ventilated brake discs to which one visualized the temperature reached thanks to the software ANSYS Workbench. The results were also validated using the temperature-time profile from both the simulated and experimental results, in which the two results were found to be in good agreement. The literatures for ventilated brake disc with gray cast iron FG15 also gives a good agreement with results from literatures. In this research, we simulated the disc brake-pad assembly model by employing a coupled thermomechanical approach of which some useful results have been drawn from this analysis. However, it seems to us that several thermomechanical turns can and should be visited in more detail in the topic of braking, essentially for a more quantitative estimation of damage in a life expectancy approach,

which are defined in perspective. Additional thermomechanical speculations could be taken into consideration to better comment on the effect of migration of thermal locations.

Conflicts of interest statement

The authors declare that there is no conflict of interest

References

- Abu Bakar, A. R.; Ouyang, H.; Khai, L. C.; Abdullah, M. S. (2010). Thermal analysis of a disc brake model considering a real brake pad surface and wear. *Int. J. Vehicle Structures and Systems*, 2(1), 20-27. <https://doi.org/10.4273/ijvss.2.1.04>
- Adamowicz, A.; Grześ, P. (2012). Convective cooling of a disc brake during single braking. *Acta Mechanica et Automatica*, 6(2), 5-10.
- Belhocine, A.; Ghazaly, N. M. (2016). Effects of Young's Modulus on Disc Brake Squeal using Finite Element Analysis. *International Journal of Acoustics and Vibration*, 31(3), 292-300. <https://doi.org/10.20855/ijav.2016.21.3423>
- [Belhocine, A.](#); [Wan-Omar, W. Z.](#) (2017). CFD modeling and computation of convective heat coefficient transfer of automotive disc brake rotors. *Revista Científica*, 29, 116-128. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2017.29.a1>
- Coudeyras, N. (2009). Non-linear analysis of multiple instabilities to the rubbing interfaces: application to the squealing of brake. PhD Thesis, Central school of Lyon-speciality: mechanics.
- Gotowicki, P. F.; Nigrelli, V.; Mariotti, G. V.; Aleksendric, D.; Duboka, C. (2005). Numerical and experimental analysis of a pegs-wing ventilated disk brake rotor with pads and cylinders. *10th EAEC Eur. Automot. Cong. Paper EAEC05YUAS04-P5*.
- Ishak, M. R.; Abu Bakar, A. R.; Belhocine, A.; Taib, J. M.; Wan Omar, W. Z. (2018). Brake torque analysis of fully mechanical parking brake system: Theoretical and experimental approach,

- Ingeniería Investigación y Tecnología*, 19(1), 37-49. <https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2018.19n1.004>
- Mackin, T. J.; Noe, S. C.; Ball, K. J.; Bedell, B. C.; Bim-Merle, D. P.; Bingaman, M. C.; Bomleny, D. M.; Chemlir, G. J.; Clayton, D. B.; Evans, H. A. (2002). Thermal cracking in disc brakes. *Engineering Failure Analysis*, 9, 63-76. [https://doi.org/10.1016/S1350-6307\(00\)00037-6](https://doi.org/10.1016/S1350-6307(00)00037-6)
- Oday, I. A.; Schlattmann, J. (2016a). Temperature analysis of a pin-on-disc tribology test using experimental and numerical approaches. *Friction*, 4(2), 135-143. <https://doi.org/10.1007/s40544-016-0110-1>
- Oday, I. A.; Schlattmann, J. (2016b). Thermal behavior of friction clutch disc based on uniform pressure and uniform wear assumptions. *Friction*, 4(3), 228-237. <https://doi.org/10.1007/s40544-016-0120-z>
- Oder, G.; Reibenschuh, M.; Lerher, T.; Šraml, M.; Šamec, B.; Potrč, I. (2009). Thermal and stress analysis of brake discs in railway vehicles. *Advanced Engineering*, 3(1).
- Palmer, E.; Mishra, R.; Fieldhouse, J. D. (2009). An optimization study of a multiple row pin vented brake disc to promote brake cooling using computational fluid dynamics. *Journal of Automobile Engineering*, 223(7), 865-875.
- Reimpel, J. (1998). *Braking Technology*. Vogel: Verlag, Würzburg.
- Stephens, A. (2006). *Aerodynamic Cooling of Automotive Disc Brakes*. Master's thesis, School of Aerospace, Mechanical & Manufacturing Engineering, RMIT University.
- Tang, J.; Bryant, D.; Qi, H. (2014). Coupled CFD and FE thermal mechanical simulation of disc brake. *Proc. Eurobrake Conference*. Lille, France.





Oferta y demanda de los recursos turísticos Reserva Forestal Protectora Cerro Quininí (Tibacuy-Cundinamarca)

Offer and demand tourism resources Reserve Protective Forest Cerro Quinini (Tibacuy-Cundinamarca)

Oferta e procura de recursos turísticos Reserva Florestal Protetora Cerro Quininí (Tibacuy-Cundinamarca)

Claudia Patricia Castellanos-Menjura¹ William Ariza-Cortés²  William Fernando Castrillón-Cardona³

Recibido: Enero de 2019

Aceptado: Abril de 2019

Para citar este artículo: Castellanos-Menjura, C.P.; Ariza-Cortés, W.; Castrillón-Cardona, W.F. (2019). Oferta y demanda de los recursos turísticos Reserva Forestal Protectora Cerro Quininí (Tibacuy-Cundinamarca). *Revista Científica*, 36(3), 297-312. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.15075>

Resumen

Para esta investigación se evaluaron los recursos turísticos y se caracterizó la demanda turística en las zonas de uso público de la Reserva Forestal Protectora del Cerro Quininí (RFPCQ), en la región de Sumapaz (Tibacuy, Cundinamarca, Colombia), con el fin de presentar un diagnóstico de la actividad turística en la zona y convertirse en el insumo para la planeación y concreción de un plan de manejo de la actividad turística. La metodología para la evaluación de la oferta frente a la gestión del turismo se realizó a través de entrevistas, caminatas y talleres con expertos locales y la comunidad de la zona, se obtuvo información para la identificación y clasificación de los recursos turísticos biofísicos, culturales y arqueológicos. Por otro lado, se evaluó la demanda de estos recursos con la aplicación de una encuesta para obtener el perfil de los visitantes, cuyos datos se analizaron por medio de la técnica de

análisis de correspondencias múltiples que presentó información sobre tendencias y preferencias. La correlación entre la oferta de los recursos y la demanda se articularon en un análisis Dofa que permite la toma de decisiones frente al turismo como una estrategia de conservación y protección en el área de estudio. Con los resultados se obtiene el diagnóstico de la oferta y demanda turística, que sirve como base para el diseño del plan de manejo turístico orientado a las necesidades y conservación de la RFPCQ.

Palabras clave: recursos turísticos, análisis multicriterio, área protegida, toma de decisiones, visitante.

Abstract

Tourist resources were evaluated and tourist demand was characterized in the areas of public use of the Cerro Quininí Protective Forest Reserve (RFPCQ), in the Sumapaz region (Tibacuy,

¹. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. claudiac@udistrital.edu.co

². Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. arizacortes@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8423-8256>

³. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. wfcastrillon@udistrital.edu.co

Cundinamarca, Colombia), in order to present a diagnosis of tourism activity in the area and become the input for the planning and implementation of a management plan for tourism. The methodology for the evaluation of the offer in relation to tourism management was carried out through interviews, walks and workshops with local experts and the community of the area. Information was obtained for the identification and classification of biophysical, cultural and tourism resources. archaeological On the other hand, the demand for these resources was evaluated with the application of a survey to obtain the profile of the visitors whose data were analyzed by means of the Multiple Correspondence Analysis techniques that presented information on trends and preferences. The correlation between the supply of resources and demand was articulated in a SWOT analysis that allows decision-making regarding tourism as a conservation and protection strategy in the study area. With the results, the diagnosis of the tourist supply and demand is obtained, which serves as the basis for the design of the tourism management plan oriented to the needs and conservation of the RFPCQ.

Keywords: tourism resources, multicriteria analysis, protected area, decision making, visitor.

Resumo

Recursos turísticos foram avaliados e caracterizados demanda turística em áreas de uso público da proteção Reserva Florestal de Cerro Quininí (RFPCQ), na região de Sumapaz (Tibacuy, Cundinamarca, Colômbia), a fim de apresentar um diagnóstico de atividade turística na área e se tornar o insumo para o planejamento e implementação de um plano de manejo para o turismo. A metodologia de avaliação de abastecimento contra a gestão do turismo foi conduzida por meio de entrevistas, passeios e workshops com especialistas locais e comunidade da região, informações para a identificação e classificação dos recursos turísticos biofísicas, culturais são obtidas e arqueológico Por outro lado, a demanda por esses recursos foi avaliada com a aplicação de uma pesquisa para obter o perfil dos visitantes cujos dados foram analisados por meio da técnica de Análise de Correspondências Múltiplas, que

apresentou informações sobre tendências e preferências. A correlação entre oferta de recursos e demanda foi articulada em uma análise SWOT que permite a tomada de decisão em relação ao turismo como estratégia de conservação e proteção na área de estudo. Com os resultados, obtém-se o diagnóstico da oferta e demanda turística, que serve de base para o desenho do plano de manejo turístico orientado às necessidades e conservação do RFPCQ.

Palavras-chaves: recursos turísticos, análise múltipla, área protegida, toma de decisões, visitante

Introducción

El turismo es uno de los mercados más dinámicos del mundo del cual se obtienen múltiples beneficios económicos, socioculturales y ambientales; se trata, pues, de una actividad económica basada en la oferta y la demanda de recursos turísticos (Boullón, 1978). La Organización Mundial del Turismo (OMT, 1998) establece como líneas especializadas del turismo: el turismo de aventura, el agroturismo, el turismo de cruceros, el turismo cultural y el ecoturismo. En Colombia, el ecoturismo se ha concentrado especialmente en áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales y la Red de Reservas de Sociedad Civil, que toma relevancia e importancia a partir de la Ley 300 de 1996, reglamentada por el Decreto Nacional 2590 de 2009, como una de las líneas especializadas de turismo (Ministerio de Comercio Industria y Turismo-MCIT, 2013). Es una estrategia de conservación para la mejora y mantenimiento de los valores naturales y culturales en las áreas protegidas, tiene como fin la articulación de la diversidad biológica con lo social a partir del conocimiento y disfrute del patrimonio natural de los visitantes. Requiere de una regulación para la planificación que prevea el proceso de análisis del sistema, planeación, ordenamiento, implementación y seguimiento en las áreas protegidas (Cubillos *et al.*, 2013).

Para iniciar un proceso de planeación turística es necesaria la localización y verificación objetiva

del potencial de la actividad de un destino turístico en una determinada localidad, municipio o región considerado como un “territorio” o “espacio turístico” (Sectur, 2005), en el que se ofrezcan diversos productos, se consolide el mercado turístico y se concreten espacios con atractivos potenciales que integren la demanda y la oferta (Angulo, 2002; Jiménez-Bulla y Jiménez-Barbosa, 2013).

Las fases previstas en la planeación de la actividad turística son: diagnóstico, ordenamiento y plan de acción. En el diagnóstico se establece la situación actual de un área protegida, su zona de influencia y las tendencias a partir de información que se obtiene de manera directa o secundaria; con ello se busca conocer la dinámica local e integrarla en la planificación regional (Dredge, 1999), identificar y localizar los atractivos, las actividades y servicios asociados al ecoturismo, el perfil del visitante, el nivel de satisfacción y realizar un análisis situacional que permitan identificar líneas de acción prioritarias. En el ordenamiento se diseña la experiencia del visitante y las herramientas que le permitan el óptimo manejo, regulación y control del ecoturismo. El plan de acción corresponde a las diferentes líneas de acción que orientarán el ecoturismo en una determinada área protegida con las respectivas metas, actividades, responsables, tiempos de ejecución y recursos (Cubillos *et al.*, 2013).

En los últimos años la Reserva Forestal Protectora Cerro Quininí (RFPCQ), considerada como una zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables (art. 204, Decreto 2811, 1974), se ha transformado es un espacio turístico muy visitado por personas que se desplazan de poblaciones cercanas y del distrito capital de Bogotá. La importancia que ha tomado radica en la riqueza paisajística, cultural, arqueológica y natural. Los ecosistemas que se encuentran allí se caracterizan por facilitar la conectividad con otras áreas protegidas como Peñas Blancas, Salto del Tequendama y Cerro Majuy (Alcaldía de Tibacuy, s. f.).

El problema, tema de estudio de esta investigación, se enfoca en que las actividades turísticas que se practican en la RFPCQ se adelantan sin un plan de manejo (Corporación Autónoma Regional-CAR, 2012). Por esta razón, es pertinente que los visitantes cuenten con una adecuada orientación de las actividades que se puedan realizar. Esto, sumado con la transformación del uso del suelo por parte de las comunidades locales, lo que ha causado la disminución considerable de los bosques y, por ende, el deterioro de los ecosistemas que allí se encuentran (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). El presente documento se enmarca en la fase diagnóstica de la planificación turística, en la que primero se realiza la identificación, evaluación y potencialidad de la oferta de los recursos turísticos a partir de la caracterización de los atributos con énfasis en los criterios intrínsecos y extrínsecos; segundo, con la demanda y el análisis del perfil del visitante; y, tercero, con la correlación entre la oferta de los recursos turísticos y la demanda articulados en un análisis Dofa que permita la toma de decisiones frente al ecoturismo como una estrategia de conservación en el área de estudio.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en los andes colombianos, en la cordillera oriental, en el área protegida denominada RFPCQ, en el municipio de Tibacuy, Cundinamarca, Colombia, ubicada a los 04.º 19' de latitud norte y 74.º 30' de longitud oeste. Se encuentra en un intervalo altitudinal de entre 1050 y 2100 msnm, la temperatura promedio de 21 ° C, la superficie es de aproximadamente 1947 ha, en las que se hallan comprometidos los municipios de Tibacuy (1571,71 ha), Viotá (21,50 ha) y Nilo (173,90 ha). Esta área fue declarada por el Inderena, mediante el acuerdo 029 de 1987, y aprobada, mediante resolución n.º 122 de 1987, por el Ministerio de Agricultura como Área de Reserva Forestal Protectora.

La geología se caracteriza por tener formaciones sedimentarias del cretáceo y del terciario. Las características como la litología y la disposición de las capas son evidencia de la evolución geológica de la cordillera oriental, con grandes capas de sedimentos marinos y continentales elevados por la orogenia andina (Salas y Tapias, 2000). Ubicada en la zona de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM), una menor proporción pertenece al bosque seco premontano (bs-PM) (Holdridge, 1947). Más del 90 % de los predios de la RFPCQ son de carácter privado y están utilizados en cultivos y pastos, siendo el cultivo de café el que mayor espacio ocupa. La actividad económica se centra en la explotación forestal, el cultivo de frutas y el turismo como una alternativa emergente (Vásquez, 2005).

Identificación y evaluación del potencial de la oferta de los recursos turísticos

Para la identificación y ubicación de los recursos turísticos se digitalizó un mapa en ArcView GIS 3.2 a una escala de 1:10 000, en el que se trazaron las zonas de uso público que los visitantes normalmente siguen. Las planchas base se ubicaron en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Igac). Se identificaron las coberturas de la RFPCQ, lo que permitió presentar una descripción desde lo físico y ver la potencialidad turística.

En cuanto la metodología para la toma y procesamiento de datos, se usó la técnica de Evaluación Multicriterio para evaluar la oferta de los recursos turísticos, se identificó su potencialidad a partir de caracterización de los atributos con énfasis en los criterios intrínsecos y extrínsecos de acuerdo con las recomendaciones de (Sectur, 2004; Zamorano, 2002). La información de la oferta turística se obtuvo a partir de sesiones de trabajo con los expertos locales quienes identificaron los lugares y las áreas de ubicación estos recursos, realizando recorridos de campo y talleres. En esta investigación se integran los datos espaciales con las percepciones de los expertos locales (Jarvis *et al.*, 2006; Seixas,

2005). El Procedimiento para el análisis de Evaluación Multicriterio (EMC)⁴ incluyó: a) definición del objetivo e identificación de alternativas; b) definición del conjunto de atributos: criterios intrínsecos y criterios extrínsecos; c) obtención de la matriz de decisión y; d) valoración de los recursos turísticos mediante la aplicación del método de sumatoria lineal ponderada.

Perfil del visitante

El perfil del visitante forma parte de la fase diagnóstica para la planificación del ecoturismo (Cubillos, 2013) de la RFPCQ y consta de cuatro momentos: 1) obtención de la muestra de la demanda turística; 2) desarrollo de la encuesta en un cuestionario de 31 preguntas aplicado a 111 personas para determinar el perfil del visitante y definir sus preferencias de acuerdo con los segmentos que caracterizaron el instrumento; 3) análisis de los datos, los cuales se procesaron en el programa SPSS (19,0) luego transferidos al paquete estadístico SPAD. Este último, permite realizar análisis de perfiles a partir del análisis de correspondencias múltiples, cuyo objetivo es resumir muchos datos en un número reducido de dimensiones con la menor pérdida de información (De la Fuente, 2011).

Análisis DOFA

Forma parte de la fase de planificación para definir las estrategias. A partir de ella se identificaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se articulan a los resultados obtenidos en la identificación de la oferta de los recursos turísticos y la demanda según el perfil del visitante. Esta técnica es muy utilizada dentro del proceso de planificación estratégica, pues es una de las herramientas que permite hacer el análisis de las

⁴ Franco-Maass *et al.* (2009). Evaluación multicriterio de los recursos turísticos: Parque Nacional Nevado de Toluca. Estudios y Perspectivas en Turismo, 18, 208-226 P.7

variables que, entre otras, componen un territorio (Torrejón, 2006).

Resultados

Coberturas y ubicación de la oferta de los recursos turísticos

Se identificaron cuatro coberturas: bosques, tierras eriales, cultivos y vegetación herbácea descubierta, las cuales se evidencian en el mapa de cobertura del sendero ecoturístico ubicado en la RFPCQ, Cundinamarca, Colombia (figura 1). Los bosques ocupan un área representativa con un estrato superior de hasta 30 m, presenta especies de flora principalmente heliófitas, características de bosques secundarios. De los registros realizados en la zona, según Pinzón (2010), se destacan especies como cedrillo (*Brunellia comocladifolia*), caucho (*Ficus trigona*), puntelanza (*Vismia baccifera*), amarillos (*Ocotea* spp. *Nectandra* spp.), tinto (*Paliocorea* spp.), Tunos (*Miconia minutiflora*), garrocho (*Viburnum cornifolium*), gaque (*Clusia multiflora*), amarillo jigua (*Nectandra membranacea*), quasio (*Picrasma excelsa*), pedro hernández (*Toxicodendron striatum*).

Se han registrado 27 especies de orquídeas, muchas de ellas con alto valor estético e importantes en bioprospección (Ordoñez y Montes, 2013). En algunas áreas de la parte alta se destaca la presencia de individuos de roble (*Quercus humboldtii*) conformando asociaciones denominadas robledales, categorizada como una especie Vulnerable (VU), según el libro rojo de plantas de Colombia (Cárdenas y Salinas, 2007). También se encuentran especies que son poco frecuentes pero importantes para la conservación debido a su rareza y por ser remanentes de los bosques primarios, tales como *Meliosma frondosa*, *Andira taurotesticulata* y *Pouteria torta* (Pinzón, 2010); por lo que se deben generar estrategias para su manejo y conservación. Se registra también el arbusto *Notopleura cundinamarca*, endémico de la provincia del Sumapaz. Si bien no existen estudios detallados

sobre la fauna, en la información de los pobladores locales se advierte la presencia de numerosas especies de aves y mamíferos pequeños sobre los cuales se podrían desarrollar actividades de interpretación que generen un mayor atractivo turístico para la reserva; se destacan las especies de aves por su diversidad, colorido y frecuencia a lo largo de los senderos.

Los cultivos que interactúan con los ecosistemas de bosques dan lugar a los agroecosistemas. Se evidencia, a lo largo de los recorridos de la RFPCQ, la modificación de los ecosistemas por la actividad antrópica relacionada con los diferentes procesos de producción agrícola (Hernández, 1977).

Las tierras eriales son una cobertura en la que la superficie de la tierra no tiene capacidad para ser cultivada y labrada; se identifican como rocas expuestas y suelos desnudos (Vargas, 1992). Encierran un valor económico, escénico, científico o técnico. Presenta especial importancia por su imponente posición en la formación montañosa como afloramientos rocosos que sirven de escenario para la contemplación paisajística. En estas zonas se desarrollan deportes extremos como la escalada o el rapel. Tienen vegetación incipiente sobre la superficie que no oculta la morfología rocosa, entre ellas se encuentra la *Mammillaria columbiana* y la *Sobralia purpurea*, especies endémicas de esta cobertura (Pinzón, 2010). Es de destacar que algunos de los atractivos turísticos más importantes se encuentran en estas formaciones.

La vegetación herbácea descubierta es una cobertura en crecimiento en la que algunas especies de árboles comparten espacios con hierbas y pastos, en ocasiones están solos o en pequeños grupos y su finalidad es brindar forraje al ganado, principalmente vacuno doble propósito.

Recursos turísticos con vocación ecoturística

Se identificaron 19 recursos turísticos que se clasificaron en biofísicos, culturales y arqueológicos. A cada uno se le realizó una ficha de inventario del

recurso turístico con la siguiente información: generalidades, características y total puntaje de valoración. Se les atribuyó criterios intrínsecos (tabla 1) y criterios extrínsecos (tabla 2).

En la tabla 3 se destacan las características de los criterios intrínsecos de los recursos biofísicos, la flora es moderada en la mayoría a excepción de los recursos turísticos denominados Bosque de Robles, los paisajes de las vistas panorámicas la meseta de Chinauta y del valle del Magdalena, en las que se observa que es abundante. Con respecto a la fauna, los expertos locales y la misma comunidad indican que no se han realizado estudios de fondo, excepto las aves y algunos mamíferos; sin embargo, en lo que conocen consideran que la fauna asociada con la mayoría de los recursos turísticos es moderada y escasa en aquellos que se encuentran en áreas de vegetación herbácea

caracterizadas por agroecosistemas. En cuanto el relieve los recursos turísticos la Peña-Cerro Quiniñí, el Pico del Águila, la Cabeza del Indio, se encuentran en la cobertura de tierras eriales en áreas muy inclinadas. La Cueva del Mohán ubicada en el recurso turístico llamado Paisaje: Vista Meseta de Chinauta se caracteriza por estar en áreas muy inclinadas que son aprovechadas por los visitantes en prácticas de deportes extremos. Aquellos que se encuentran en áreas menos inclinadas son atractivas para realizar caminatas. La cobertura bosques es la más representativa, se encuentra asociada a aquellos recursos en los que se practica el senderismo o caminatas, se destacan el Bosque de Robles, Paisaje: Vista Meseta de Chinauta, Senderismo Antenas, Paisaje: Vista Panorámica Valle del Magdalena, Cueva del Mohán y Casa de Turismo: "La Cumbre".

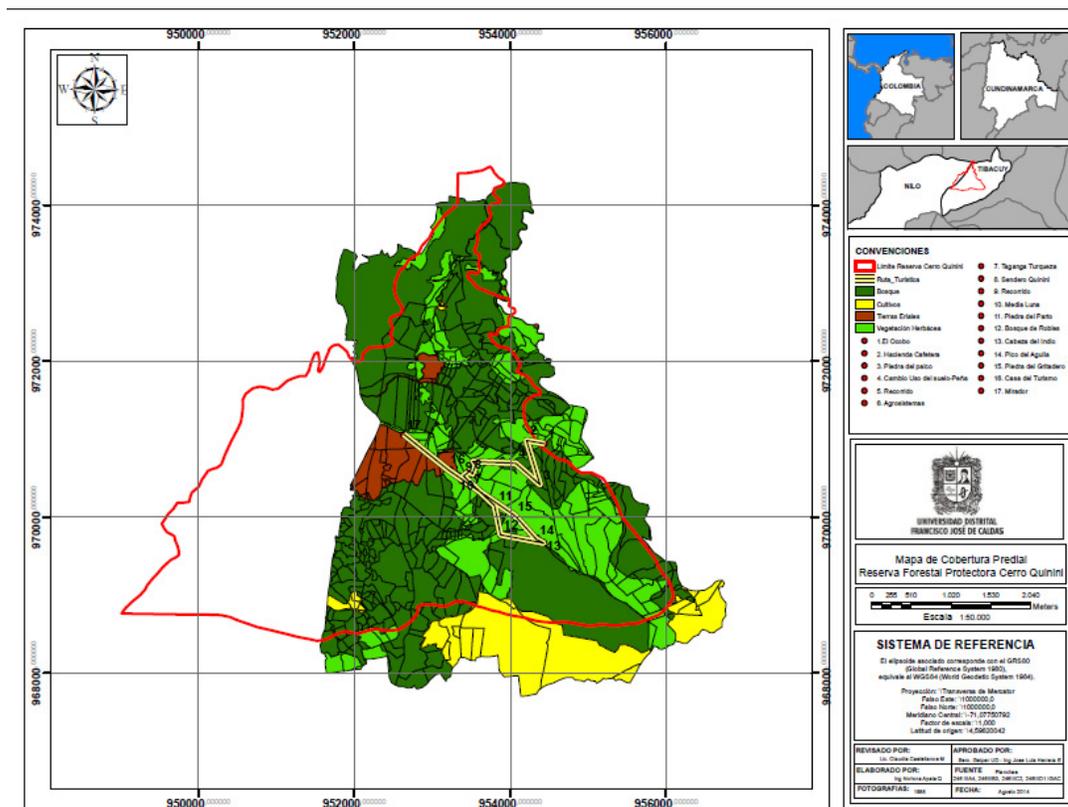


Figura 1. Mapa de coberturas del sendero turístico ubicado en la RFPCQ Cerro Quiniñí, Cundinamarca, Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir mapa predial y fotografías aéreas IGAC.

Tabla 1. Criterios intrínsecos de los recursos biofísicos, culturales y arqueológicos.

Tipo de Recurso	Criterio	Atributo	Descripción	Símbolo
Biofísicos	a) Diversidad	a1) Flora	Abundante	(A)
			Suficiente	(S)
			Escasa	(E)
		a2) Fauna	Abundante	(A)
			Suficiente	(S)
			Escasa	(E)
	b) Condiciones del terreno	b1) Relieve	Muy Inclinado	(MI)
			Inclinado	(I)
			Algo Inclinado	(AI)
			Plano	(P)
		b2) Cobertura	Bosques	(Bo)
			Cultivos	(C)
			Tierras eriales	(Te)
			Vegetación herbácea	(Vh)
		b3) Dificultad	Alto	(A)
			Medio	(M)
c) Paisajes	c1) Escala (Tamaño de Visión del Observador)	Bajo	(B)	
		Grande	(G)	
		Mediano	(M)	
	c2) Relación Hombre _ Naturaleza	Pequeño	(P)	
		Impacto Positivo	(IP)	
		Impacto Neutro	(IN)	
Culturales y arqueológicos	d) Interés arqueológico	d1) Petroglifo	Impacto Negativo	(INe)
			Excelente	(E)
			Bueno	(B)
			Regular	(R)
	e) Fincas Cafeteras	e1) Practica de producción	Malo	(M)
			Muy Activo	(MA)
			Activo	(A)
			Poco Activo	(PA)
			Abandonado	(A)

Fuente: elaboración propia a partir de Enríquez, Osorio, Franco-Maass, Ramírez y Nava (2010) y Franco-Maass et al. (2009).

Tabla 2. Criterios extrínsecos de los recursos biofísicos, culturales y arqueológicos.

Criterio	Atributo	Descripción	símbolo
f) Acceso físico	f1) Distancia	Kilómetros	
	f2) Tiempo	Minutos	
g) Apreciación	g1) Estado de conservación	Excelente	(E)
		Bueno	(B)
		Regular	(R)
		Malo	(M)
	g2) Calidad del entorno	Optima	(O)
		Buena	(B)
		Regular	(R)
	g3) Interés	Grande	(G)
		Alguno	(A)
		Poco	(P)
	Ninguno	(N)	

Continúa

Criterio	Atributo	Descripción	símbolo
g) Apreciación	g4) Fragilidad	Muy Alta	(MA)
		Alta	(A)
		Moderada	(M)
		Baja	(Ba)
	g5) Contaminación	Si	(S)
No		(N)	
h) Infraestructura y servicios	h1) Señalización	Suficiente	(S)
		Alguna	(A)
		Insuficiente	(I)
		Ninguno	(N)
	h2) Equipamiento	Suficiente	(S)
		Alguno	(A)
		Insuficiente	(I)
		Ninguno	(N)
	h3) Actividades/rapel/caminatas ecológicas/camping	Muy Organizadas	(MO)
		Organizadas	(O)
Poco Organizada		(PO)	
Sin Organización		(SO)	
i) Seguridad	i1) Vigilancia	Muy seguro	(M)
		Seguro	(S)
		Moderado	(Mo)

Fuente: elaboración propia a partir de Enríquez *et al.* (2010) y Franco-Maass *et al.* (2009).

Tabla 3. Matriz recursos biofísicos, culturales y arqueológicos: características cualitativas de criterios intrínsecos.

RECURSOS	CRITERIOS INTRINSECOS								
	FLORA	FAUNA	RELIEVE	COBERTURA	DIFICULTAD	ESCALA	RELACION Hombre - Naturaleza	INTERÉS ARQUEOLOGICO	ESTADO DE PRODUCCION
	a1 (1)*	a2 (2)*	b1 (3)*	b2 (4)*	b3 (5)*	c1 (6)*	c2 (7)*	d1 (8)*	e1 (9)*
BIOFISICOS									
Peña - Cerro Quininí	Mo	Mo	MI	Te	Mo	G	IN	----	----
Recorrido: Cambio uso del suelo	E	E	MIXTO	MIXTO	Mo	M	IN	----	----
Paisaje: Vista Meseta de Chinauta	A	E	AI	Bo	B	G	IN	----	----
Agroecosistemas	Mo	Mo	AI	MIXTO	Mo	M	IN	----	----
Senderismo: Recorrido Fauna y Flora - Tangara Turquesa	Mo	Mo	I	Bo	Mo	M	IN	----	----
Sendero: Cerro Quininí	Mo	Mo	I	Bo	Mo	P	IP	----	----
Senderismo Antenas	Mo	Mo	AI	Bo	Mo	M	INe	----	----
Bosque de Robles	A	A	AI	Bo	Mo	M	INe	----	----
Cabeza del Indio	Mo	Mo	MI	Te	Mo	G	INe	----	----
Pico del Águila	Mo	E	MI	Te	A	G	IN	----	----

Continúa

Paisaje: Vista Panorámica Valle del Magdalena	A	Mo	I	Bo	Mo	G	IN	----	----						
Cueva del Mohán	Mo	Mo	MI	Bo	A	G	IN	----	----						
CULTURALES Y ARQUEOLÓGICOS															
Piedra del Palco: Petroglifo " Las Estrellas"	E	E	P	Vh	B	G	IN	E	----						
Piedra del Palco	E	E	P	Vh	B	G	IN	E	----						
Piedra del Palco: Petroglifo " El espiral"	E	E	P	Vh	B	G	IN	E	----						
Piedra del Gritadero	Mo	Mo	AI	Te	Mo	M	IN	E	----						
Piedra del Parto: "El Nacimiento"	Mo	Mo	AI	Te	Mo	M	IN	R	----						
Casa de Turismo: " La Cumbre"	Mo	Mo	I	Bo	B	M	IN	----	----						
Hacienda Cafetera	E	E	P	C	B	G	IN	----	PA						
(1)* y (2)*	(3)*		(4)*		(5)*		(6)*		(7)*		(8)*		(9)*		
Abundante	A	Muy Inclinado	MI	Bosque	Bo	Alto	A	Grande	G	Impacto Positivo	IP	Excelente	E	Muy Activo	MA
Moderada	Mo	Inclinado	I	Tierras eriales	Te	Medio	M	Moderada	Mo	Impacto Neutro	IN	Bueno	B	Activo	A
Escasa	E	Algo Inclinado	AI	Cultivos	C	Bajo	B	Pequeño	P	Impacto Negativo	INe	Regular	R	Poco Activo	PA
		Plano	P	Veg herbácea	Vh							Malo	M	Abandonado	An

Fuente: elaboración propia a partir de Enríquez *et al.* (2010) y Franco-Maass *et al.* (2009).



a. Piedra del Palco



b. Petroglifo "El espiral"



c. Petroglifo "Las Estrellas"

Figura 2. Recursos turísticos ubicados en el Piedra del Palco petroglifos "El espiral y las Estrellas".

Fuente: elaboración propia recorrido de reconocimiento Piedra del Palco, fotografías Mauricio Castro.

Por otra parte, los criterios intrínsecos para los recursos arqueológicos se caracterizan por encontrarse en relieve plano, la fauna y la flora que los rodea es escasa; se encuentran en áreas de cobertura de vegetación herbácea, tierras eriales, bosque y cultivos. La dificultad para acceder se encuentra

entre baja y moderada. Presentan un excelente grado de interés por parte de los turistas, quienes desean conocer lo relacionado con la cultura ancestral Panche. En la figura 2 se observa la piedra del palco (a), petroglifo "El Espiral" (b) y petroglifo "Las Estrellas" (c).

En cuanto a la relación hombre-naturaleza es importante resaltar que hay un impacto negativo en el área de estudio debido a la actividad turística que va en constante crecimiento y el cual no presenta un adecuado manejo. De igual forma, el cambio del uso del suelo por parte de los lugareños afecta recursos turísticos dentro de los cuales se destacan los denominados Senderismo Antenas, Bosque de Robles y Cabeza del Indio. También se registró un impacto positivo en el recurso turístico denominado Sendero: Cerro Quininí, en el cual se ha trabajado en señalización y adecuación de la vía de acceso.

En la tabla 4 se muestran los criterios extrínsecos de los recursos turísticos biofísicos, culturales y arqueológicos. En ella se evidencia que el estado de conservación oscila entre bueno y regular; la calidad del entorno en general se consideró buena, el interés de parte de los turistas por visitar recursos resultó ser muy grande, considerando que las distancias son cortas para aquellos

visitantes que se desplazan desde Bogotá. Desde Silvania hay trayectos a cada uno de los recursos turísticos que van desde 16 a 22 Km y el tiempo de llegada oscila entre 60 y 160 minutos, la distancia y el tiempo se asocian en el desplazamiento que se hace en carro y caminando. En cuanto al manejo de los recursos turísticos que se ofertan, de manera empírica, los expertos locales manifestaron que, al no tener una estrategia de conservación en un plan de manejo, los recursos se encuentran en constante deterioro lo que hace que su fragilidad sea muy alta. En cuanto a la infraestructura para la atención de los turistas, en general se observó que es muy poca y los servicios que se prestan para la atención son insuficientes al no existir un equipamiento, actividades organizadas para el conocimiento de los recursos turísticos y del área protegida en general. Por último, en términos de seguridad se registró que esta es moderada, pues se realiza por parte de la comunidad y no hay vigilancia privada.

Tabla 4. Matriz recursos biofísicos, culturales y arqueológicos características cualitativas de criterios extrínsecos.

RECURSOS	CRITERIOS EXTRINSECOS										
	Kilómetros (Km)	Tiempo (Minutos)	Apreciación					Infraestructura y servicios		Seguridad	
			g1 (1)*	g2 (2)*	g3 (3)*	g4 (4)*	g5 (5)*	h1 (6)*	h1 (7)*	h1 (8)*	e1 (9)*
BIOFISICOS											
Peña - Cerro Quininí	16	60	R	B	Am	MA	SI	A	N	O	Mo
Recorrido: Cambio uso del suelo	18	80	R	B	A	A	SI	A	N	O	Mo
Paisaje: Vista Meseta de Chinauta	18	80	B	B	Am	----	SI	N	N	PO	Mo
Agroecosistemas	18	60	B	B	Am	Mo	----	A	N	O	Mo
Senderismo: Recorrido Fauna y Flora - Tangara Turquesa	18	80	B	B	Am	Mo	N	A	I	O	Mo
Sendero: Cerro Quininí	19	100	R	B	Am	MA	SI	A	I	O	Mo
Senderismo Antenas	19	100	R	R	Am	A	SI	A	A	O	Mo
Bosque de Robles	21	120	R	B	Am	A	SI	A	I	O	Mo
Cabeza del Indio	21	120	R	B	Am	A	SI	A	I	O	Mo
Pico del Águila	22	120	B	B	Am	A	SI	A	I	O	Mo
Paisaje: Vista Panorámica Valle del Magdalena	19	100	B	B	Am	Mo	SI	A	N	O	Mo
Cueva del Mohán	22	130	B	B	Am	A	SI	N	N	PO	S

Continúa

CULTURALES Y ARQUEOLÓGICOS																	
Piedra del Palco: Petroglifo "Las Estrellas"		16	60	R	B	Am	MA	N	A	I	PO	Mo					
Piedra del Palco		16	60	R	B	Am	MA	N	A	I	PO	Mo					
Piedra del Palco: Petroglifo "El espiral"		16	60	AM	B	Am	MA	N	A	I	PO	Mo					
Piedra del Gritadero		21	120	R	B	Am	MA	SI	A	I	O	Mo					
Piedra del Parto: "El Nacimiento"		19	100	R	B	Am	MA	SI	A	I	O	Mo					
Casa de Turismo: "La Cumbre"		19	100	R	R	A	A	SI	A	----	SO	Mo					
Hacienda Cafetera		16	160	M	B	Am	MA	S	I	A	PO	S					
(1)*		(2)*		(3)*		(4)*		(5)*		(6)*		(7)*		(8)*		(9)*	
Excelente	E	Excelente	E	Amplio	Am	Muy Alta	MA	SI	S	Suficiente	S	Suficiente	S	Muy Organizada	MO	Muy seguro	M
Bueno	B	Bueno	B	Moderado	Mo	Alta	A	NO	N	Alguna	A	Alguna	A	Organizada	O	Seguro	S
Regular	R	Regular	R	Poco	P	Moderado	Mo			Insuficiente	I	Insuficiente	I	Poco Organizada	PO	Moderado	Mo
Malo	M	Malo	M	Ninguno	N	Baja	Ba			Ninguna	N	Ninguna	N	Sin organización	SO		

Fuente: elaboración propia a partir de Enríquez *et al.* (2010) y Franco-Maass *et al.* (2009).

Valores de la evaluación multicriterio total

En la tabla 5 la evaluación multicriterio total de los recursos turísticos biofísicos presenta que el Pico del Águila es el recurso que mayor peso obtuvo, orden de preferencia 1 y valor final de ponderación de 6,53, por ende, mayor potencial y preferencia para ser ofrecido dada la importancia en las características de los criterios intrínsecos.

En la matriz de evaluación multicriterio total de los recursos turísticos culturales y arqueológicos (tabla 6) La Piedra del Gritadero es el recurso ecoturístico que mayor peso presentó, orden de preferencia 1 y valor final de ponderación 6,27.

Así las cosas, los recursos biofísicos, culturales y arqueológicos que tienen alta vocación turística por su mayor peso son el Pico del Águila (biofísico) y la Piedra del Gritadero (arqueológico y cultural).

Perfil del visitante

Descripción de la demanda

Del total de los encuestados el 64 % correspondió a hombres y el 34,2 % a mujeres, cuyo nivel de

educación más representativo fue la formación universitaria con un 56,5 % y 42,1 %, respectivamente, seguido del grupo de personas con estudios de bachillerato. Se observó que la formación posgradual en ambos géneros es baja, del 8,7 % y el 10,5 %. La variable edad arrojó resultados que reflejaron que el 51,4 % de los encuestados es un grupo que osciló entre los 16 y 25 años, el 21,6 % entre 26 y 35 años y el 11,7 % entre 36 y 45 años. Es decir, el 84,7 % se encuentran en un rango de edad entre los 16 y 45 años de edad lo que indica que el perfil de los visitantes es joven y joven-adulto.

Según el informe de OMT y WYSE (2012) el turismo de jóvenes es uno de los mercados del sector turístico que crece con más rapidez y presenta un mayor dinamismo. Se observó que los intervalos de edades más bajos, 5,4 y 3,6 %, corresponde al grupo de visitantes mayores de 55 años, en este último puede considerarse que las condiciones de acceso son una de las causas por las cuales los turistas de estos intervalos de edad no son visitantes frecuentes; ellos se interesan más por caminar y escuchar charlas, se enfocan en participar en actividades de aprendizaje y prefieren estar en hoteles que acampar (Eagles, 2004).

Tabla 5. Matriz de evaluación multicriterio total recursos turísticos biofísicos.

Recursos Biofísicos	Suma lineal de recursos intrínsecos	Suma lineal de recursos extrínsecos	Suma ponderada de criterios intrínsecos	Suma ponderada de criterios extrínsecos	Valor final ponderaciones	Orden de preferencia
Pico del Águila	44,50	53,50	2,97	3,56	6,53	1
Peña _ Cerro Quininí	54,25	51,00	3,10	3,40	6,50	2
Cueva del Mohán	51,75	51,00	2,96	3,40	6,35	3
Sendero: Cerro Quininí	51,75	49,00	2,96	3,26	6,22	4
Bosque de Robles	47,75	51,75	2,73	3,45	6,18	5
Paisaje: Panorámica Valle del Magdalena	46,50	52,50	2,66	3,50	6,16	6
Cabeza del Indio	47,00	52,00	2,69	3,46	6,15	7
Agrosistemas	49,75	48,50	2,84	3,23	6,07	8
Recorrido Cambio Uso del Suelo	45,75	51,00	2,61	3,40	6,01	9
Paisaje: Vista Meseta de Chinauta	50,50	45,75	2,89	3,05	5,93	10
Recorrido_ Tangara turquesa	48,50	46,50	2,77	3,10	5,87	11
Senderismo: antenas	46,75	44,25	2,67	2,95	5,62	12

Fuente: elaboración propia a partir de Enríquez *et al.* (2010) y Franco-Maass *et al.* (2009).

Tabla 6. Matriz de evaluación multicriterio total recursos turísticos culturales y arqueológicos.

Recursos culturales y arqueológicos	Suma lineal de recursos intrínsecos	Suma lineal de recursos extrínsecos	Suma ponderada de criterios intrínsecos	Suma ponderada de criterios extrínsecos	Valor final ponderaciones	Orden de preferencia
Piedra del Gritadero	48,75	52,25	2,78	3,48	6,27	1
Piedra del Parto	47,75	50,50	2,73	3,37	6,09	2
Casa de Turismo " La Cumbre"	46,75	49,50	2,67	3,30	5,97	3
Hacienda Cafetera	47,25	47,38	2,70	3,16	5,86	4
Petroglifo piedra del palco: " El espiral"	43,75	48,50	2,50	3,23	5,73	5
Piedra del Palco	47,50	45,25	2,71	3,02	5,73	6
Petroglifo piedra del palco: " Las Estrellas"	44,00	45,50	2,51	3,03	5,55	7

Fuente: elaboración propia a partir de Enríquez *et al.* (2010) y Franco-Maass *et al.* (2009).

En la relación edad frente a la ocupación se encontró que el grupo más representativo es la edad de los 15 años, cuya ocupación corresponde a estudiantes. Seguida del grupo de personas entre 35 y 46 años con ocupaciones como contadores, ingenieros, economistas, entre otros. El ingreso mensual de los visitantes registró que 42,6 % de los encuestados tienen ingresos bajos, entre uno y dos millones de pesos, el 37,2 % tiene ingresos muy bajos que están por debajo del millón de pesos.

El 14,9 % percibe ingresos medios que están entre dos y tres millones de pesos. Los intervalos de ingresos altos y muy altos se encuentran en el 2,1 % y 3,2 % entre 3 y 4 millones y más.

En cuanto la relación lugar de alojamiento frente a la edad, se encontró que el campamento es la forma más habitual de hospedaje. Con respecto a la organización del viaje, el 65,5 % de los encuestados respondieron que lo habían hecho de iniciativa propia, el 2,8 % a través del colegio o

la universidad, las agencias de viajes ocupan una menor proporción. Respecto a los motivos de viaje la aventura fue el más representativo en un 43,9 %, seguido de caminar 14 %, acampar 7,5 %, investigar 3,7 % y varias (donde se integran todas las anteriores) 20,6 %.

De la percepción de los servicios turísticos prestados el 17,1 % de los visitantes informa que los servicios que recibieron fueron excursiones, el 14,3 % comidas, el 11,4 % alojamiento y transporte respectivamente, un 40 % manifestó recibir varios de los servicios antes mencionados. Manifiestan que el personal de los operadores que llegan a la reserva y que transmiten la información en términos de conocimiento idóneo: el 59 % de los encuestados contestaron que sí lo hacían de manera adecuada y el 41 % contestó que no lo hacían. Se hizo una comparación entre las variables nivel de educación, con respecto a la percepción sobre el servicio del personal que proviene de operadores sea idóneo; esto evidenció, en términos representativos, que los grupos de formación universitaria y posgradual consideran en un alto porcentaje que el personal proveniente de operadores no transmite información adecuada. El 50 % de los encuestados manifestaron que el personal de la comunidad local presta el servicio de información de la reserva entre excelente y bueno y el 28 % es regular, mientras que el restante lo considera malo y deficiente.

A la pregunta sobre si la infraestructura es adecuada para la atención a los turistas solo el 40,4 % consideró que era buena y el 1,8 % manifestó que es deficiente. En el caso de las vías de acceso, el 35,5 % considera que son buenas, un 22,7 % que son excelentes, mientras que más del 40 % consideran que se encuentran entre regulares y deficientes.

Finalizando con las preguntas de la encuesta, sobre qué actividades prioritarias para el manejo del área protegida y cuánto estaría dispuesto a pagar para ingresar al parque, a la primera pregunta el 19,6 % de los encuestados respondieron que la disposición de residuos sólidos, 10,3 %

adecuación de senderos, 2,8 % personal, 1,9 % infraestructura, el 26,2 % todas las anteriores y 39,3 % otras no relacionadas. En la segunda pregunta resultó que aproximadamente el 30 % entre hombres y mujeres encuestados dicen no asumir ningún costo para ingresar a la RFPCQ, mientras que el 25 % de los hombres y mujeres encuestados consideran que sería \$5000 (cinco mil pesos colombianos).

Estrategias: análisis Dofa

Por medio del análisis Dofa se presentan estrategias como:

- Promover la elaboración del plan de manejo del área protegida en el que se establezcan las directrices para el desarrollo de programas de conservación y preservación de los recursos turísticos teniendo en cuenta procesos sostenibles.
- Capacitación para la interpretación ambiental.
- Integración directa de los turistas con el área protegida según el perfil de visitante.
- Mejorar la infraestructura y la planta física en la que se pueda prestar servicios a los turistas y orientar la visita de acuerdo con las preferencias de los diferentes grupos de perfiles que visitan la reserva: jóvenes, jóvenes adultos, personas mayores.

Conclusiones

Como parte del diagnóstico para la implementación del plan de manejo del turismo en las zonas de uso público de la RFPCQ, se logró la identificación y evaluación tanto de los recursos turísticos como del perfil del visitante. El trabajo con los expertos locales y la comunidad de la zona permitió identificar 19 recursos turísticos y clasificarlos en biofísicos, culturales y arqueológicos, a los cuales se les asignó criterios intrínsecos y extrínsecos, con el fin de evaluar la importancia que presentan y ofrecen en la actividad económica turística.

Se evidenció que los recursos biofísicos que presentan mayor peso son: el Pico del Águila, Peña Cerro Quininí, la Cueva del Mohán y el Bosque de Robles. En tanto los recursos culturales y arqueológicos que presentaron más peso fueron la Piedra del Gritadero y la Piedra del Parto; aunque la Piedra del Palco en el análisis multicriterio no presentó una alta puntuación, sí es considerada por los lugareños como uno de los recursos más representativos por su importancia cultural y arqueológica.

Definir el perfil del visitante permitió obtener información de las personas que realizan turismo en la RFPCQ. Con base en lo anterior, se establecieron algunas estrategias que se obtienen del análisis Dofa, dentro de las cuales se destaca el desarrollo de programas de conservación y preservación de los recursos turísticos que se ofertan, capacitación cultural y arqueológica, los cultivos y la historia de la cultura indígena. Por otro lado, se hace necesario establecer puntos de información que cuenten con la infraestructura y planta física adecuada con el fin de orientar la visita de acuerdo con las preferencias de los diferentes grupos de perfiles. De esta forma, se aporta con la presente investigación en el diagnóstico en la fase de la planeación del turismo y así articular lo social, lo ambiental y lo económico en un proceso sostenible en que todas las partes obtengan ganancia sin afectar los ecosistemas.

Agradecimientos

A los docentes de la Facultad del Medio Ambiente y al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por su apoyo económico. A los expertos locales de la comunidad que residen en la RFPCQ por su acompañamiento en los diferentes recorridos y disposición en las actividades que se elaboraron para el levantamiento del inventario y caracterización de los recursos turísticos.

Referencias

- Alcaldía de Tibacuy (s. f). *Diagnóstico territorial elementos constitutivos del espacio municipal*. http://www.tibacuy-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/66346361613663353931303962633432/DIAGNOSTICO_TERRITORIAL.pdf
- Angulo, G. (2002). *El espacio turístico y las zonas y centros de interés turístico nacional*. Universidad Austral de Chile, Escuela de Turismo. http://www.gestionturistica.cl/biblioteca/tesis/pregrado/uach/doc/ga_cuerpo.pdf
- Boullón, R. (1978). *El sistema turístico*. OCEA/CICATUR. México: Ed. Trillas.
- Cárdenas, D.; Salinas, N. R. (2007). Libro Rojo Pl. *Colombia* 4(1), 1-232. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf
- Congreso de la República de Colombia (1996). *Ley 300. Por la cual se expide la ley general de turismo y se dictan otras disposiciones*. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8634>
- Corporación Autónoma Regional (CAR) (2012). *Informe Técnico N.º 131*. Bogotá: CAR.
- Cubillos, O.; González, C.; Díaz E.; Ruiz, F.; Jiménez, Z. (2013). *Guía para la planificación del ecoturismo en parques nacionales de Colombia*. http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2014/05/guia_planificacion_ecoturismo_pnn.pdf
- De la Fuente, F. S. (2011). *Análisis de correspondencias múltiple y simples*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. <http://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/REDUCIR-DIMENSION/CORRESPONDENCIAS/correspondencias.pdf>
- Dredge, D. (1999). Destination place planning and design. *Annals of Tourism Research*, 26(4), 772-791. [https://doi.org/10.1016/S0160-7383\(99\)00007-9](https://doi.org/10.1016/S0160-7383(99)00007-9)
- Eagles, P. J. (2004). Trends affecting tourism in protected areas. Ponencia presentada en *Policies*,

- methods and tools for visitor management—proceedings of the second international conference on monitoring and management of visitor flows in recreational and protected areas* (pp. 18-26), Rovaniemi, Finland.
- Enríquez, M.; Osorio, M.; Franco-Maass, S.; Ramírez, I.; Nava, G. (2010). Evaluación multicriterio de los recursos turísticos del Parque Estatal Sierra de Nanchititla; Estado de México. *El Periplo Sustentable*, 18. <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=193414423001>
- Franco-Maass, S.; Osorio-García, M.; Nava-Bernal, G.; Regil-García, H. H. (2009). Evaluación multicriterio de los recursos turísticos: Parque Nacional Nevado de Toluca. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 18, 208-226. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/40084/Evaluaci%C3%B3n%20multicriterio%20de%20los%20recursos%20tur%C3%ADsticos%20%20Parque%20Nacional%20Nevado%20de%20Toluca%20-%20M%C3%A9xico.pdf?sequence=1>
- Hernández, X. (1977). Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. En *Agroecosistemas en México* (pp. 321-333). México D. F.: Colegio de posgraduados-ENA.
- Holdridge, L. R. (1947). Determination of World Plant Formations From Simple Climatic Data. *Science*. 105(2727), 367-368. <https://doi.org/10.1126/science.105.2727.367>
- Jarvis, D.; Myer, L.; Klemick, H.; Guarino, L.; Smale, M.; Brown, A. Hodgkin (2006). Guía de capacitación para la conservación in Situ en Fincas. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Material producido con apoyo del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria de España. https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/Material_de_apoyo_a_la_capacitaci%C3%B3n_en_conservaci%C3%B3n_In_Situ_de_la_diversidad_vegetal_en_areas_protegidas_y_en_fincas_905.pdf
- Jiménez B, L. H.; Jiménez, W. G. (2013). *Turismo: tendencias globales y planificación estratégica*. Bogotá: Ecoe Ediciones. <https://www.ecoedicion.com/wp-content/uploads/2015/08/Turismo.-tendencias-globales.pdf>
- Ministerio de Comercio Industria y Turismo (2013). *Asistencia técnica en planificación del turismo*. Bogotá: Ministerio de Comercio Industria y Turismo.
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Portal web. <http://www.minambiente.gov.co/>.
- OMT; Wyse, T. C. (2012). *La fuerza del turismo joven. Informe del programa de miembros afiliados*. España: OMT. http://cf.cdn.unwto.org/sites/all/files/pdf/lafuerzadelturismojoven_omt2011_esp_0.pdf
- Ordoñez J. C.; Montes, C. R. (2013). Orquideoflora de la reserva natural Quininí, Tibacuy, Cundinamarca, Colombia y consideraciones para su bioprospección. *Revista Colombiana de Orquideología*, 1, 18-33. <http://revista.sco.org.co/index.php/orquideologia/article/view/2>
- Organización Mundial de Turismo (OMT) (1998). *Introducción al turismo*. España: Organización Mundial de Turismo. <http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1043/1/INTRODUCCION+AL+TURISMO+OMT.pdf>
- Pinzón, V. (2010). Diseño, análisis de capacidad de carga e implementación ambiental para el sendero ecoturístico Cerro Quininí en el municipio de Tibacuy, Cundinamarca. Tesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Salas, R.; Tapias, M. (2000). Tibacuy, Un sitio arqueológico de frontera entre grupos indígenas del altiplano Cundiboyacense y el valle Medio del Magdalena. *Boletín de Arqueología, Fian*, 15(2). <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/fian/article/view/6077/6294>
- SECTUR (2004). *Planeación y Gestión del Desarrollo Turístico Municipal*. México D. F.: SECTUR. <https://cedocvirtual.sectur.gob.mx/janium/Documentos/003162Pri0000.pdf>

SECTUR (2005). Informe Turismo en México.

Seixas, C. (2005). A bordagens e Técnicas de Pesquisa Participativa em Gestão de Recursos Naturais. En P. Freire, B. Fikret y C. Seixas (eds.), *Integrada e Participativa de Recursos Naturais: conceitos, métodos e experiências*. Florianópolis: Secco/APED. <https://www.worldcat.org/title/gestao-integrada-e-participativa-de-recursos-naturais-conceitos-metodos-e-experiencias/oclc/71310852>

Torrejón, A. (2006). Una herramienta clásica, pero aún hoy de uso poco frecuente. Los análisis F.O.D.A. en el turismo. *Semanario Region*®. Del 4 al 10 de agosto, año 16, n.º 768. R.N.P.I. n.º 359581. Santa Rosa, Provincia de La Pampa, Argentina. <http://www.region.com.ar/producos/semanario/archivo/768/turismo768.htm>

Vargas, G. E. (1992). *Análisis y clasificación del uso y cobertura de la tierra con interpretación de imágenes*. Bogotá: Instituto geográfico Agustín Codazzi. http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=907&shelfbrowse_itemnumber=949

Vásquez, V. (2005). *Reservas forestales protectoras de Colombia: Atlas Básico*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15240>

Zamorano, F. (2002). *Turismo alternativo. Servicios turísticos diferenciados*. Trillas. México. <https://www.entornoturistico.com/wp-content/uploads/2017/03/Turismo-Alternativo-Servicios-Tur%C3%ADsticos-Diferenciados-de-Francisco-M.-Zamorano.pdf>





Diseño de un sistema de reconocimiento de patrones en imágenes termográficas y de huella plantar para la identificación de pie plano en niños con edades entre cinco y seis años

Design of a pattern recognition system in thermographic and footprint images for flatfoot identification in children between five and six years old

Desenho de um sistema de reconhecimento de padrões em imagens termográficas e de pegada plantar para a identificação de pé chato em crianças com idade entre cinco e seis anos

Milton Javier Muñoz-Neira¹ Anyed Stephany Martínez-Parra² Cristian Gerardo Ruiz-Adarme³
Carlos Humberto Triana-Castro⁴ Jorge Luis Cornejo-Plata⁵

Recibido: enero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Para citar este artículo: Muñoz-Neira, M.J.; Martínez-Parra, A.S.; Ruiz-Adarme, C.G.; Triana-Castro, C.H.; Cornejo-Plata, J.L. (2019). Diseño de un sistema de reconocimiento de patrones en imágenes termográficas y de huella plantar para la identificación de pie plano en niños con edades entre cinco y seis años. *Revista Científica*, 36(3), 313-324.

Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.14345>

Resumen

El siguiente artículo presenta los principales resultados de una investigación exploratoria, orientada al diseño e implementación de un sistema de reconocimiento de patrones para la identificación de pie plano en niños entre los 5 y 6 años. Los patrones se determinaron a partir del análisis de textura en imágenes termográficas del pie y del contorno en imágenes de la huella plantar. Para cada caso, se entrenó una red neuronal artificial con un algoritmo de retro propagación. En cada ensayo, 70 % de los datos se utilizaron para entrenamiento y 30 %

para la validación. Para los sistemas experimentados se encontraron tasas de acierto superiores al 80 %. Los mejores resultados de reconocimiento se lograron para un sistema binario (pie plano, pie sano), entrenado con patrones de contorno reducidos por análisis de componentes principales (ACP), con un porcentaje de acierto del 90,84 % en validación cruzada. Los resultados logrados son un aporte para el estudio de técnicas de diagnóstico y tratamiento del pie plano, con base en herramientas tecnológicas.

Palabras clave: pie plano, patrones de textura, patrones de huella, redes neuronales artificiales.

1. Fundación Universitaria de San Gil, San Gil, Santander, Colombia. mmunoz@unisangil.edu.co
2. Fundación Universitaria de San Gil, San Gil, Santander, Colombia. anyedmartinez@unisangil.edu.co
3. Fundación Universitaria de San Gil, San Gil, Santander, Colombia. cristianruiz@unisangil.edu.co
4. Fundación Universitaria de San Gil, San Gil, Santander, Colombia. carlostriana@unisangil.edu.co
5. Fundación Universitaria de San Gil, San Gil, Santander, Colombia. jcornejo@unisangil.edu.co

Abstract

The following paper presents the main results of exploratory research oriented to the design and implementation of a pattern recognition system for flatfoot identification in children between 5 and 6 years. Patterns were determined from texture analysis of foot thermographic images, and from contour analysis of footprint images. For each case, an artificial neuronal network was trained, with base in a back-propagation algorithm. In each trial, 70 % of data were used for training, and 30 % for validation. For experiments done, success rates greater than 80 % were achieved. The best results were reached with contour patterns reduced by principal components analysis, PCA, in a binary system, with a success rate of 90.84 % in cross-validation. Results are a contribution to the study of diagnostic techniques for flatfoot treatment through the use of technologic tools.

Keywords: artificial neuronal networks, flatfoot, footprint patterns, texture patterns.

Resumo

O artigo a seguir apresenta os principais resultados de uma investigação exploratória, orientada ao desenho e implementação de um sistema de reconhecimento de padrões para a identificação de pés chatos em crianças entre 5 e 6 anos de idade. Os padrões foram determinados a partir da análise de textura em imagens termográficas do pé, e a análise do contorno em imagens da pegada. Para cada caso, uma rede neural artificial foi treinada, com um algoritmo de retro-propagação. Em cada tentativa, 70 % dos dados foram utilizados para treinamento e 30 % para validação. Para os sistemas experientes, foram encontradas taxas de acerto superiores a 80 %. Os melhores resultados de reconhecimento foram obtidos para um sistema binário (pé plano, pé saudável), treinado com padrões de contorno reduzidos per análise de componentes principais, ACP, com uma taxa de sucesso de 90.84 %, na validação cruzada. Os resultados obtidos são uma contribuição para o estudo de técnicas de diagnóstico e tratamento de pés chatos, baseados em ferramentas tecnológicas.

Palavras-chaves: pé chato, padrões de textura, padrões de pegada, redes neurais artificiais.

Introducción

Millones de niños alrededor del mundo padecen de pie plano y se estima que al menos un 15 % de la población adulta sufre de pie plano flexible (Colque, 2017; Martínez, 2009). En efecto, se calcula que cerca del 30 % de los niños poseen algún tipo de discapacidad en los pies, de las cuales el pie plano es la más común (Pauk *et al.*, 2012). Las causas de esta discapacidad son diversas, pero, en general, el problema puede ser tratado desde la primera infancia. El pie plano es la ausencia del arco normal en el pie del niño y se considera, según se ha referido, como una afección común. Aunque en la mayoría de los casos el pie plano no causa dolor o molestia, sí ocasiona serios problemas de estabilidad en la locomoción.

Diversos estudios han sido llevados a cabo para investigar la presencia del pie plano. Saldivar *et al.* (2015) estudian, por ejemplo, la relación entre pie plano y obesidad para una población de niños entre 9 y 11 años en Tamaulipas, México. Los resultados evidenciaron una prevalencia del pie plano del 12,1 % para la población bajo estudio, y una significativa asociación entre pie plano y obesidad. Por otra parte, Vergara *et al.* (2012) analizan la prevalencia de pie plano en niños pertenecientes a poblaciones de condiciones geográficas y culturales diversas de Colombia. Para la población de estudio, se determinó que la prevalencia global de pie plano fue del 15,7 %. En esa misma línea, Revenga y Buló (2005) detallan un análisis de pie plano valgo, para una población de 1014 niños entre 3 y 11 años, en la que se estableció que dicho tipo de pie plano no resultó ser un problema ortopédico para la población objeto de estudio, dado que en la mayoría de los casos su corrección ocurrió de manera natural. Otros estudios sobre el pie plano, su caracterización y clasificación se exponen en Ballestero (2015), Bhattacharjee y Goswami (2017), Pita *et al.* (2017), Lever y Hennessy (2016) y Cebulski *et al.* (2016).

El diagnóstico estándar para determinar el pie plano está basado en el análisis del arco longitudinal

del pie. Diversas técnicas son útiles a este fin, desde la observación subjetiva de un especialista, hasta métodos basados en adquisición de señales. Una revisión realizada por medio de la base de datos Scopus a las publicaciones de los últimos años relacionadas con técnicas para el estudio del pie (figura 1), revela que las investigaciones en este tópico se hacen, principalmente, a través de la adquisición de las señales de presión ocasionadas por la pisada, como en Navarro *et al.* (2010), y del análisis de la huella del pie, como en Su *et al.* (2016) y Laowattanatham *et al.* (2014). El uso de imágenes termográficas, en relación con estas otras técnicas, es menor; sin embargo, el uso de este tipo de imágenes ha adquirido relevancia en los últimos años, por su utilidad en el diagnóstico de diversas enfermedades. Ring (2015) y van Netten *et al.* (2013), por ejemplo, emplean imágenes termográficas para el diagnóstico de diabetes; y Harris *et al.* (2018) para el diagnóstico de dermatitis en ganado vacuno. El análisis específico de la textura en imágenes termográficas ha sido útil de manera particular para el diagnóstico de cáncer de mama (Milosevic *et al.*, 2014; Pramanik *et al.*, 2016), y la enfermedad de Raynaud (Aretusi *et al.*, 2009). Otros métodos de estudio del pie se basan en el escáner tridimensional del mismo (Pfeiffer *et al.*, 2006), en la medición del arco longitudinal del pie por medio de sensores ultrasónicos (Hamza *et al.*, 2015), o el análisis de imágenes digitales de radiografías del pie (de Cesar Netto *et al.*, 2017; Kao *et al.*, 2018).

A pesar de estos desarrollos no todos los infantes pueden acceder a métodos avanzados de diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la evolución del pie plano, especialmente en entornos provinciales y regionales. Esta situación ocasiona que los criterios de diagnóstico sigan siendo en gran modo subjetivos.

Bajo estas consideraciones, la investigación realizada ha explorado el uso de técnicas de análisis de textura en imágenes termográficas del pie y técnicas de análisis de imágenes de la huella plantar. Las anteriores, basadas en la medición del perímetro, el área y la longitud de los ejes en la huella, y

la longitud de los ejes en la huella. En ambos tipos de imágenes se hizo uso del reconocimiento de patrones por medio de redes neuronales artificiales. Esto, para la identificación del pie plano en una población de niños entre los 5 y 6 años, edad en la que el diagnóstico puede facilitar un adecuado tratamiento. Estas técnicas (análisis de textura en imágenes termográficas y análisis de perímetro, área y ejes en la huella), empleadas para la detección y clasificación de pie plano, no han sido reportadas en la literatura consultada. Sin embargo, el avance en los últimos años de los métodos de reconocimiento de patrones (Duda, Hart y Stork, 2012; Kittler, 2002; Bishop, 2016) y del procesamiento digital de imágenes (González y Wood, 2012), permite que dichas tecnologías sean factibles y viables para aplicaciones como la expuesta en este artículo. Los resultados obtenidos son un aporte a la búsqueda de metodologías de diagnóstico de pie plano, apropiadas para los menores de edad, que posibiliten en el futuro el tratamiento adecuado por parte del fisioterapeuta encargado.

Materiales y métodos

Para la elaboración de los experimentos se trabajó con una población de 60 niños, con edades entre los 5 y 6 años, estudiantes de básica primaria del colegio San Carlos de San Gil, Santander, Colombia. La recolección se realizó previo consentimiento informado de sus padres o acudientes. Se adquirieron 120 imágenes termográficas de los pies (una foto para ambos pies en frío y una foto para ambos pies en caliente), y 120 imágenes de huella plantar, una por cada pie.

La adquisición de las imágenes termográficas se realizó con una cámara marca Fluke Tis40, con una sensibilidad térmica de 0,009 °C a 30 °C, 5 megapíxeles y precisión de +/- 2 °C. Para esta toma se realizó un trabajo físico con los infantes de 20 minutos, consistente en dinámicas, juegos y deportes, con el fin de aumentar la temperatura corporal de los pies. Durante el trabajo físico los infantes conservaron su calzado y sus medias, para

retener la humedad por sudoración. Terminado el trabajo físico, se efectuó una captura de imágenes a temperatura ambiente promedio de 25 °C, en un espacio abierto, a una distancia variable dependiendo del tamaño del pie del niño. Posterior al trabajo físico, y luego de un reposo de 15 minutos, se realizó una nueva captura, en las mismas condiciones ambientales.

Para el proceso de obtención de las imágenes de huella plantar se empleó tinta negra a través de una almohadilla dactilar, por medio de la cual se cubrió toda la zona del pie de cada niño. Luego, se posicionó cada pie en una hoja blanca para plasmar la huella plantar. Este proceso se realizó de igual forma para el pie derecho e izquierdo. Al final del proceso se retiró la tinta de los pies con ayuda de un paño, algodón y cremas humectantes. Luego de adquiridas todas las imágenes, y con ayuda de un especialista médico, éstas fueron clasificadas. Se seleccionaron 60

imágenes termográficas y 60 imágenes de huella plantar, una para cada niño, de acuerdo con el criterio médico respecto a qué imagen detallaba mejor la presencia de pie plano. Dado que, en las imágenes termográficas adquiridas, el área capturada cubre una zona mayor al pie, estas fueron recortadas a fin de contar con imágenes de solo el área de interés. De los 60 niños, 36 fueron diagnosticados con pie sano por el médico, y 24 con pie plano, correspondientes a cuatro categorías:

- Grado 1 (G1, 8 niños). Pie plano que se identifica por la aparición de una ampliación en el apoyo externo de la bóveda plantar.
- Grado 2 (G2, 9 niños). Corresponde al pie plano que se evidencia por un contacto del borde interno del pie. Es visible porque el arco interno cede, sin que sea notoria una caída de la bóveda plantar.

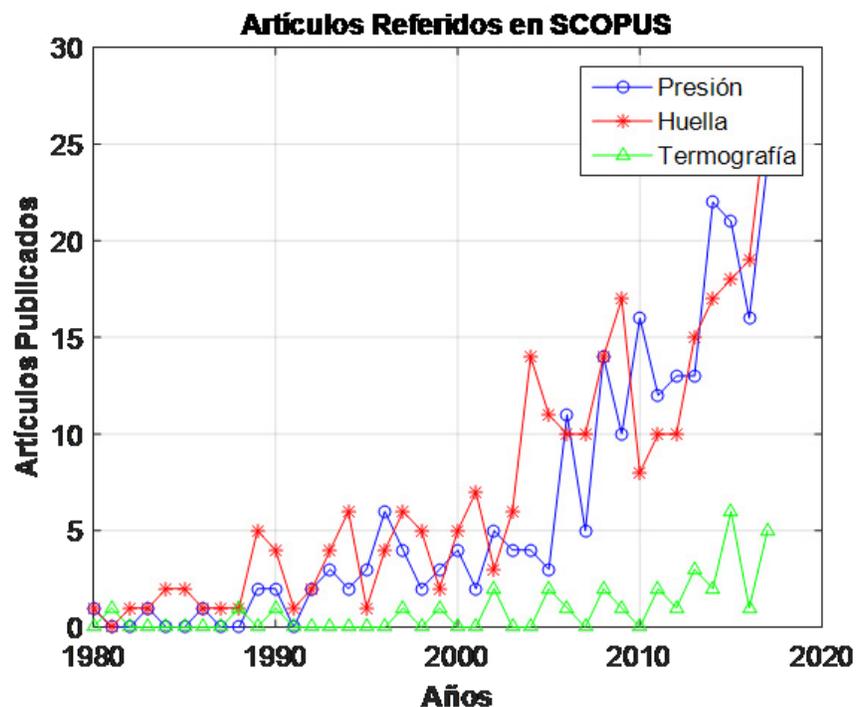


Figura 1. Artículos referidos en la base de datos Scopus sobre técnicas de adquisición de señales para el análisis de malformaciones en los pies.

Fuente: elaboración propia de los autores.

- Grado 3 (G3, 2 niños). Corresponde al pie en el que desaparece completamente la bóveda plantar.
- Grado 4 (G4, 5 niños). Corresponde al pie en balancín, en el que es mayor el apoyo de la bóveda que el apoyo anterior y posterior del pie.

Las figuras 2, 3 y 4 detallan ejemplos de las imágenes adquiridas.

Patrones de las imágenes termográficas

A la imagen termográfica seleccionada para cada niño se le aplicó una máscara generada a partir de la binarización de la propia imagen, a fin de eliminar las partes de esta que no correspondían al pie. A cada imagen se le computó su matriz de coocurrencia. La matriz de coocurrencia permite caracterizar la textura de la imagen, analizando la cantidad de

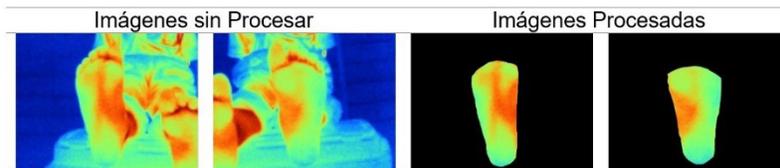


Figura 2. Ejemplo imágenes termográficas del pie.

Fuente: elaboración propia de los autores.

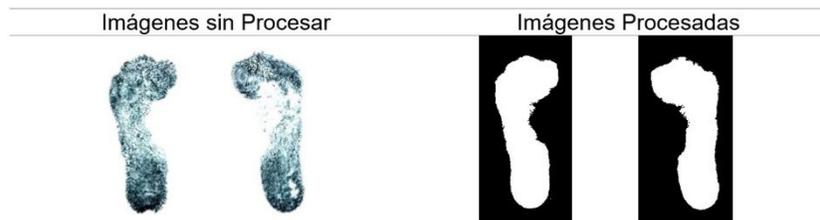


Figura 3. Ejemplo imágenes huella plantar.

Fuente: elaboración propia de los autores.

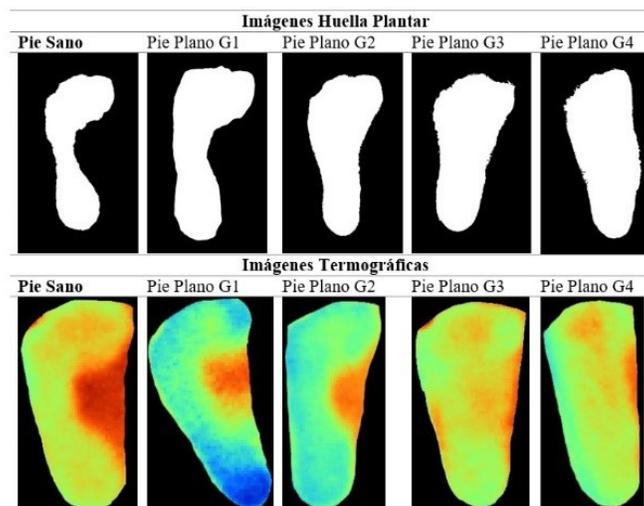


Figura 4. Ejemplo imágenes de huella y termográficas por tipo de pie.

Fuente: elaboración propia de los autores.

veces que ocurren en la imagen un determinado par de píxeles, de un valor y una relación espacial específica. Los patrones de textura resultan del cálculo de medidas estadísticas a la matriz de coocurrencia, siendo las más representativas (ecuaciones 1 a 5): la energía (suma de los valores de los elementos de la matriz al cuadrado), el contraste (medida de variaciones locales en la matriz), la correlación (medida de la probabilidad conjunta), la entropía (medida de la aleatoriedad) y la homogeneidad (medida de la proximidad de la distribución de los elementos en la matriz, a su diagonal). Los patrones de textura se calcularon con ayuda del software ImageJ. También se calculó el valor máximo y promedio de temperatura en cada imagen termográfica.

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [p(i,j)]^2 \quad (1)$$

Energía

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |i-j|^2 p(i,j) \quad (2)$$

Contraste

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{i * j * p(i,j) - media^2}{varianza} \quad (3)$$

Correlación

$$-\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} p(i,j) \ln(p(i,j)) \quad (4)$$

Entropía

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{p(i,j)}{1 + (i-j)^2} \quad (5)$$

Homogeneidad

Patrones de la huella plantar

Siete patrones directos y normalizados fueron extraídos de las imágenes de huella plantar, más siete patrones relacionales. Los patrones directos fueron:

- Área
- Longitud del eje mayor
- Longitud del eje menor
- Excentricidad
- Diámetro equivalente
- Perímetro
- Dimensión fractal

Los patrones relacionales se establecieron a partir de la relación entre los ejes, entre el área y los ejes, entre el perímetro y los ejes, y entre el radio y los ejes. La dimensión fractal fue calculada en Matlab a partir del método de subdivisión de la imagen en cajas (*box counting*). El patrón se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$df = \frac{\sum_i \Delta n_i}{N} \quad (6)$$

donde n es un vector en el que cada elemento representa el número de cajas de dimensión r_i halladas, y N es la longitud del vector. La siguiente figura muestra un ejemplo del cálculo de la dimensión fractal.

Red neuronal artificial

El sistema de reconocimiento de patrones fue puesto en funcionamiento a través de una red neuronal artificial, tipo perceptrón multicapa. La arquitectura de la red se constituyó por una capa de entrada, con un número de entradas igual al número de patrones que caracterizaban a cada imagen; una capa oculta, con un número de neuronas ajustado de manera heurística y conformada en promedio por cinco neuronas, y una capa de salida, con tantas neuronas como clases a distinguir se deseaba. Dos tipos de entrenamientos fueron realizados. En uno el sistema tenía dos salidas: una para identificar pie plano y otra para identificar pie sano. En

el otro, el sistema tenía cinco salidas, una para pie sano, y cuatro para los cuatro tipos de pie plano previamente diagnosticados por el especialista.

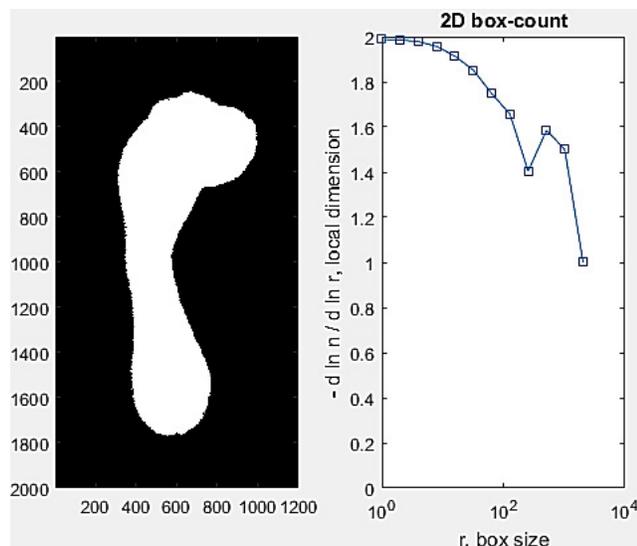


Figura 5. Ejemplo cálculo dimensión fractal.
Fuente: elaboración propia de los autores.

Cada red fue entrenada con un algoritmo de retro propagación. Las funciones de activación en la capa oculta fueron tangentes hiperbólicas y las funciones de activación en la capa de salida fueron funciones lineales. Tanto para patrones de textura como para patrones de contorno, se ensayó con los patrones sin reducción y reducidos por medio de análisis de componentes principales (ACP), tomando luego de la reducción, los dos primeros componentes. Para cada caso, el 70 % de los patrones fueron empleados

para el entrenamiento y el 30 % para la validación. Luego, con el mejor resultado, se ensayó una validación cruzada. El número de iteraciones por entrenamiento fue en promedio 8. El error en el aprendizaje de la red (entrenamiento), y en la clasificación final (validación), se estimó a partir de una función de pérdida cero-uno (uno para acierto, cero para equivocación). El número de unos obtenidos sobre el número de unos esperados determinó el error de cada experimento.

Resultados

Las siguientes tablas muestran los errores medios de cada experimento. La figura 6, por su parte, muestra la tasa de verdaderos positivos en sistema de reconocimiento de dos salidas entrenado con patrones de contorno reducidos por ACP

Resultados para un sistema de reconocimiento con dos salidas (pie plano y pie sano)

Tabla 1. Errores de entrenamiento y validación en sistema de reconocimiento con dos salidas.

Sistema de reconocimiento de pie plano y pie sano	%Error Entren.	%Error Valid.
Patrones de textura y temperatura	2,38	16,67
Patrones de contorno y dimensión fractal	3,57	11,11
Patrones de solo contorno	2,38	11,11

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 2. Falsos positivos y falsos negativos en sistema de reconocimiento con dos salidas.

Falsos Positivos (FP) Y Falsos Negativos (FN) - Sistema de reconocimiento de pie plano y pie sano		Patrones de textura y temperatura	Patrones de contorno y dimensión fractal	Patrones de solo contorno
Entrenamiento	F. Positivo	0	3 3,57 %	1 1,19 %
	F. Negativos	2 2,38 %	0	1 1,19 %
Validación	F. Positivos	3 8,33 %	4 11,11 %	2 5,55 %
	F. Negativos	3 8,33 %	0	2 5,55 %

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 3. Errores de entrenamiento y validación en sistema de reconocimiento con dos salidas y patrones reducidos por ACP.

Patrones reducidos por ACP - Sistema de reconocimiento de pie plano y pie sano	%Error Entren.	%Error Valid.
Patrones de textura y temperatura	5,95	16,67
Patrones de contorno y dimensión fractal	3,57	11,11
Patrones de solo contorno	5,95	8,33

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 4. Falsos positivos y falsos negativos en sistema de reconocimiento con cinco salidas y patrones reducidos por ACP.

FP y FN en sistema de reconocimiento de pie plano y pie sano - Patrones reducidos por ACP		Patrones de textura y temperatura	Patrones de contorno y dimensión fractal	Patrones de solo contorno
Entrenamiento	F. Positivo	2 2,38 %	3 3,57 %	4 4,76 %
	F. Negativos	3 3,57 %	0	1 1,19%
Validación	F. Positivos	4 11,11 %	4 11,11 %	3 8,33 %
	F. Negativos	2 5,55 %	0	0

Fuente: elaboración propia de los autores.

Resultados para un sistema de reconocimiento con cinco salidas (pie sano y cuatro tipos de pie plano)

Tabla 5. Errores de entrenamiento y validación en sistema de reconocimiento con cinco salidas.

Sistema de reconocimiento de cuatro categorías de pie plano y de pie sano	%Error Entren.	%Error Valid.
Patones de textura y temperatura	13,33	17,78
Patrones de contorno y dimensión fractal	9,52	13,33
Patrones de solo contorno	7,14	14,44

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 6. Falsos positivos y falsos negativos en sistema de reconocimiento con cinco salidas.

FP y FN - Sistema de reconocimiento de cuatro categorías de pie plano y de pie sano		Patrones de textura y temperatura	Patrones de contorno y dimensión fractal	Patrones de solo contorno
Entrenamiento	F. Positivo	27 12,85 %	11 5,23 %	10 4,28 %
	F. Negativos	1 0,47 %	9 4,28 %	5 2,38 %
Validación	F. Positivos	11 12,22 %	6 6,66 %	9 10 %
	F. Negativos	5 5,55 %	6 6,66 %	4 4,44 %

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 7. Errores de entrenamiento y validación en sistema de reconocimiento con cinco salidas y patrones reducidos por ACP.

Patrones reducidos por ACP - Sistema de reconocimiento de cuatro categorías de pie plano y de pie sano	%Error Entren.	%Error Valid.
Patrones de textura y temperatura	7,14	17,78
Patrones de contorno y dimensión fractal	10,48	13,33
Patrones de solo contorno	8,57	14,44

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 8. Falsos positivos y falsos negativos en sistema de reconocimiento con cinco salidas y patrones reducidos por ACP.

FP y FN en Sistema de reconocimiento de cuatro categorías de pie plano y de pie sano - Patrones reducidos por ACP		Patrones de textura y temperatura	Patrones de contorno y dimensión fractal	Patrones de solo contorno
Entrenamiento	F. Positivo	7 3,33 %	14 6,66 %	13 6,19 %
	F. Negativos	8 3,80 %	8 3,81 %	5 2,38 %
Validación	F. Positivos	7 7,77 %	7 7,77 %	7 7,77 %
	F. Negativos	9 10 %	5 5,55 %	6 6,66 %

Fuente: elaboración propia de los autores.

Validación cruzada y gráfica de tasa de verdaderos positivos para los mejores resultados

Tabla 9. Validación cruzada en sistema de reconocimiento de dos salidas entrenado con patrones de solo contorno reducidos por ACP.

Validación Cruzada en 3 Grupos - Patrones de solo contorno reducidos por ACP Sistema de reconocimiento de pie plano y pie sano		
	Entrenamiento	Validación
No de Imágenes	40	20
% Error combinación 1	8,75	10
% Error combinación 2	10	7,5
% Error combinación 3	5	10
Promedio	7,916666667	9,166666667

Fuente: elaboración propia de los autores.

Conclusiones

Tanto los experimentos con sistema de reconocimiento de dos salidas (pie plano y pie sano), como los experimentos con sistema de reconocimiento

de cinco salidas (pie sano y cuatro categorías de pie plano), muestran que los conjuntos de patrones de textura y temperatura extraídos de las imágenes termográficas, y los conjuntos de patrones de contorno extraídos de las imágenes de huella

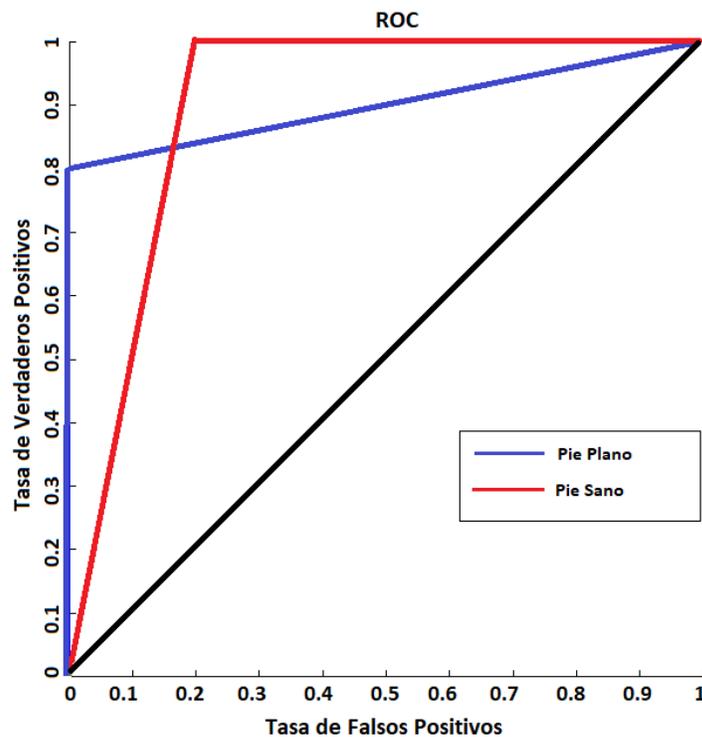


Figura 6. Tasa de verdaderos positivos en sistema de reconocimiento de dos salidas entrenado con patrones de contorno reducidos por ACP.

Fuente: elaboración propia de los autores.

plantar, permiten identificar con acierto en al menos un 80 % de los casos el pie plano.

En validación, los falsos positivos fueron mayores que los falsos negativos. Para los datos tratados, sin embargo, la tasa de acierto es más alta cuando el sistema trabaja con patrones de solo contorno reducidos por ACP, lográndose un error en validación cruzada del 9,16 %, el cual representa una tasa de acierto del 90,84 %. La dimensión fractal, por su parte, mejoró el rendimiento en el sistema de clasificación de cinco salidas, pero no en el sistema de clasificación binario. Se prevé, en consecuencia, que la combinación de las técnicas exploradas en esta investigación, en asocio con otras metodologías pertinentes, como el análisis de señales de presión, puede lograr un método objetivo de diagnóstico y estudio de la evolución del tratamiento del pie plano en los infantes afectados por dicha discapacidad.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al colegio San Carlos del municipio de San Gil; a su rectora Claudia Almonacid, a los padres de familia que firmaron el consentimiento informado, así como a los niños que participaron de la investigación. De igual manera, los autores agradecen la participación en el proyecto del médico Roger Ferreira, quien hizo la clasificación de los pies a partir de las imágenes adquiridas.

Referencias

Aretusi, G.; Fontanella, L.; Ippoliti, L. (2009). Texture Analysis in Thermal Infrared Imaging for Classification of Raynaud's Phenomenon. En S. Co. 2009. Sixth Conference. *Complex Data Modeling and Computationally Intensive*

- Statistical Methods for Estimation and Prediction*, p. 13. Maggioli Editore. https://doi.org/10.1007/978-88-470-1386-5_1
- Ballesteros, R. (2015). *Análisis Clínico y Baropodométrico de los niños con pie plano valgo flexible infantil en edad preescolar*. Tesis de doctorado. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/30672/1/T36148.pdf>
- Bhattacharjee, N.; Goswami, M. (2017). Footprint analysis and prevalence of flatfoot: a study among the children of South 24 Parganas, West Bengal, India. *Anthropological Review*, 80(4), 369-380. <https://doi.org/10.1515/anre-2017-0026>
- Bishop, C. (2016). *Pattern recognition and machine learning*. Springer-Verlag, Nueva York.
- Cebulski, A.; Boutry, N.; Szymanski, C.; Maynou, C.; Lefebvre, G.; Amzallag, E.; Cotten, A. (2016) Correlation between primary flat foot and lower extremity rotational misalignment in adults. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 97(11), 1151-1157. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2016.01.011>
- Colque, M. M. (2017). *Incidencia de pie plano y cavo en niños de la Institución Educativa Inicial N.º 349 Tawantinsuyo de la ciudad de Juliaca*. Tesis de Licenciatura. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6046>
- de Cesar Netto, C.; Schon, L. C.; Thawait, G. K.; da Fonseca, L. F.; Chinanuvathana, A.; Zbijewski, W. B.; Demehri, S. (2017). Flexible adult acquired flatfoot deformity: comparison between weight-bearing and non-weight-bearing measurements using cone-beam computed tomography. *JBJS*, 99(18), e98. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.01366>
- Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G. (2012). *Pattern classification*. John Wiley & Sons.
- Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. (2012). *Digital image processing*. 4 edition. Pearson.
- Hamza, A. O.; Ahmed, H. K.; Khider, M. O. (2015). A new noninvasive flatfoot detector. *Journal of Clinical Engineering*, 40(1), 57-63. <https://doi.org/10.1097/JCE.0000000000000081>
- Harris, G.; Young, L.; Handel, I.; Farish, M.; Mason, C.; Mitchell, M. A.; Haskell, M. J. (2018). The use of infrared thermography for detecting digital dermatitis in dairy cattle: What is the best measure of temperature and foot location to use? *The Veterinary Journal*, 237, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.05.008>
- Kao, E. F.; Lu, C. Y.; Wang, C. Y.; Yeh, W. C.; Hsia, P. K. (2018). Fully automated determination of arch angle on weight-bearing foot radiograph. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 154, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.11.009>
- Kittler, J. (2002). *Reconocimiento de Patrones*. Notas de seminario, Universidad de Surrey, Rev. 0.9.
- Laowattanatham, N.; Chitsakul, K.; Tretriluxana, S.; Hansasuta, C. (2014). Smart digital podoscope for foot deformity assessment. En *Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BMEiCON.2014.7017410>
- Lever, C. J.; Hennessy, M. S. (2016). Adult flat foot deformity. *Orthopaedics and Trauma*, 30(1), 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2016.02.005>
- Martínez, A. G. (2009). Pie plano en la infancia y adolescencia. Conceptos actuales. *Revista Mexicana de Ortopedia Pediátrica*, 11(1), 5-13. <http://www.medigraphic.com/pdfs/opediatria/op-2009/op091b.pdf>
- Milosevic, M.; Jankovic, D.; Peulic, A. (2014). Thermography based breast cancer detection using texture features and minimum variance quantization. *Excli Journal*, 13, 1204. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4464488/>
- Navarro, L. A.; García, D. O.; Villavicencio, E. A.; Torres, M. A.; Nakamura, O. K.; Huamán, R.; Yabar, L. F. (2010). Opto-electronic system for detection of flat foot by using estimation techniques: Study and approach of design. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International*

- Conference of the IEEE* (pp. 5768-5771). <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5627842>
- Pauk, J.; Ezerskiy, V.; Raso, J. V.; Rogalski, M. (2012). Epidemiologic factors affecting plantar arch development in children with flat feet. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 102(2), 114-121. <https://doi.org/10.7547/1020114>
- Pfeiffer, M.; Kotz, R.; Ledl, T.; Hauser, G.; Sluga, M. (2006). Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics*, 118(2), 634-639. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2126>
- Pita, S.; Gonzalez, C.; Alonso, F.; Seoane, T.; Pertega, S.; Perez, S.; Balboa, V. (2017). Flat Foot in a Random Population and its Impact on Quality of Life and Functionality. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(4), LC22. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/24362.9697>
- Pramanik, S.; Bhattacharjee, D.; Nasipuri, M. (2016). Texture analysis of breast thermogram for differentiation of malignant and benign breast. En *Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, (pp. 8-14), IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACCI.2016.7732018>
- Revenga, C.; Bulo, M. P. (2005). El pie plano valgo: evolución de la huella plantar y factores relacionados. *Revista de Ortopedia y Traumatología*, 49(4), 271-280. [https://doi.org/10.1016/S1888-4415\(05\)76315-3](https://doi.org/10.1016/S1888-4415(05)76315-3)
- Ring, F. (2010). Thermal imaging today and its relevance to diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 4(4.) <https://doi.org/10.1177/193229681000400414>
- Saldívar, H. I.; Ramírez, A. G.; Acevedo, M. A. R.; Pérez-Rodríguez, P. (2015). Obesidad infantil: factor de riesgo para desarrollar pie plano. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 72(1), 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.bmhmx.2015.02.003>
- Su, K. H.; Kaewwichit, T.; Tseng, C. H.; Chang, C. C. (2016). Automatic footprint detection approach for the calculation of arch index and plantar pressure in a flat rubber pad. *Multimedia Tools and Applications*, 75(16), 9757-9774. <https://doi.org/10.1007/s11042-015-2796-x>
- van Netten, J. J.; van Baal, J. G.; Liu, C.; van Der Heijden, F.; Bus, S. A. (2013). Infrared thermal imaging for automated detection of diabetic foot complications. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 7(5). <https://doi.org/10.1177/193229681300700504>
- Vergara, E.; Serrano Sánchez, R. F.; Correa Posada, J. R.; Molano, A. C.; Guevara, O. A. (2012). Prevalence of flatfoot in school between 3 and 10 years. Study of two different populations geographically and socially. *Colombia Médica*, 43(2), 141-146. <https://doi.org/10.1007/s00590-010-0717-2>





Laboratorios de informática para mejorar el proceso de cumplimiento fiscal de Colombia

Computer labs to improve Colombia's tax compliance process

Laboratórios de informática para melhorar o processo de conformidade fiscal da Colômbia

Fabián Giovanni González-Robayo¹ Juan Sebastián González-Sanabria²  Lucero Téllez-Hernández³

Recibido: Mayo de 2019

Aceptado: Agosto de 2019

Para citar este artículo: González-Robayo, F.G.; González-Sanabria, J.S.; Téllez-Hernández, L. (2019). Laboratorios de informática para mejorar el proceso de cumplimiento fiscal de Colombia. *Revista Científica*, 36(3), 325-340. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14958>

Resumen

El artículo propone el uso de un laboratorio de informática forense regional para ayudar a solucionar el problema de evasión fiscal en Colombia, el cual supone problemas en cubrir las obligaciones públicas del Estado, y lleva a las personas a tener dificultades de consumo y ahorro que afectan la dinámica económica. Pero más allá de las implicaciones normativas, se observa que al implementar nuevas tecnologías en el proceso fiscal para evitar o detectar la evasión se tienen resultados más eficientes. El proceso informático que ayuda a cubrir la evasión fiscal puede mejorarse por medio del análisis de información digital, como lo reflejan los hallazgos de evidencia del uso de laboratorios forenses.

Palabras clave: evasión fiscal, tecnología, laboratorio de informática forense.

Abstract

The paper proposes the use of a digital forensic laboratory to help solve the problem of tax evasion in Colombia that involves problems in covering the public obligations of the State, and leads people to have problems of consumption and savings that affect the economic dynamics, but beyond the normative implications it is observed that when implementing new technologies in the fiscal process to avoid or detect evasion, more efficient results are obtained. The computer process that helps cover tax evasion can be improved through digital analysis as reflected in the findings of evidence of the use of forensic laboratories

Keywords: tax evasion, technology, digital forensic laboratory.

¹. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá, Colombia. fabian.gonzalez@uptc.edu.co

². Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá, Colombia. juansebastian.gonzalez@uptc.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-1024-6077>

³. Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). Bogotá, Colombia. ltellezh@dian.gov.co

Resumo

O artigo propõe a utilização de um laboratório forense computacional regional para ajudar a resolver o problema da evasão fiscal na Colômbia, que coloca problemas na cobertura das obrigações públicas do Estado e leva as pessoas a terem dificuldades de consumo e poupança que afetam dinâmica econômica. Mas além das implicações normativas, observa-se que ao implementar novas tecnologias no processo fiscal para evitar ou detectar evasão, obtêm-se resultados mais eficientes. O processo computacional que ajuda a cobrir a evasão fiscal pode ser melhorado através da análise de informações digitais, como evidenciado pelas descobertas de evidências do uso de laboratórios forenses.

Palavras-chaves: evasão fiscal, tecnologia, laboratório de informática forense.

Introducción

La evasión y elusión de impuestos se ha considerado como un comportamiento preocupante para todos los gobiernos pues disminuyen recursos fiscales necesarios para el funcionamiento de las instituciones y las políticas públicas. La pérdida de estos recursos puede ser tan grande que se considera gastar grandes sumas de dinero para recuperar alguna proporción de dichos recursos. Este problema se puede resolver de manera más sencilla con la inclusión de la tecnología en la investigación de la evasión de impuestos.

Este tipo de inclusión tecnológica se ha venido dando en los últimos decenios, por el hecho de que cada día se avanza más en herramientas informáticas, de big data y aplicaciones y soportes tecnológicos que hacen más eficientes los procesos. Además, con la ayuda del internet y el almacenamiento en la nube se aprovechan las ventajas de lo que se denomina la era digital; a estas ventajas se debe acceder para mejorar el proceso de recuperación de impuestos.

En este caso en el cual la tecnología disponible abre un abanico de posibilidades de elección, se toma en cuenta la relación costo-beneficio de la implementación de alguna herramienta de estas

para el proceso de la determinación e imposición de sanciones que castiguen las prácticas de evasión y elusión de impuestos. Esto significa que no solo se debe ver la forma en que sean más eficientes, sino que cueste menos al Estado, ya que son recursos públicos que por definición son escasos; esto lleva a que se optimicen los recursos, se disminuyan los costos y que tenga los mayores beneficios posibles.

Aquí se plantea que los laboratorios de informática forense regionales serían los más pertinentes en el tema fiscal del país por la relación anteriormente dada, pues permite una descentralización de las herramientas para su uso en varias regiones geográficas sin perder el control de las diligencias de registro, el uso de habilidades y experiencias más eficientes y persuasivas en las diferentes seccionales; además de la capacidad de procesamiento y almacenamiento que presentan, algo que hace más fácil realizar el procedimiento forense.

Revisión de la literatura

Para empezar, hay que entender que los impuestos son incentivos. Es decir, cambian el comportamiento de las personas para sus gastos y para el pago mismo de los impuestos; de esta forma, el pago de impuestos restringe el gasto de las personas al afectar su capacidad de compra y ahorro. Por ello, si los impuestos son muy altos las personas tendrán incentivos para eludirlos porque restringe mucho su capacidad de compra. Este concepto fue aludido en el análisis de la curva de Laffer⁴ (Laffer y Seymour, 1981), en el que representan la relación existente entre los ingresos fiscales y las tasas impositivas, donde se plantea que subir la tasa del impuesto no necesariamente aumenta la recaudación pues la base tributaria cae.

De esta forma, en el punto en el que la tasa impositiva es cero, los ingresos fiscales serán nulos, ya que no se aplica ningún impuesto. Mientras

⁴ Para el caso colombiano véase Navarro (2008).

que, por el contrario, si la tasa impositiva es del 100 %, los ingresos fiscales también serán nulos, ya que nadie aceptaría producir un bien cuyos ingresos generados fueran destinados en su totalidad a pagar impuestos. Esto permite encontrar un punto de equilibrio en el que la mayor parte posible de personas y empresas pagarán sus impuestos a una tasa que puede ser más baja de la que tienen los países, pero que como más personas la pagan se hace un mayor recaudo.

Además, se sabe que el aumento o tipo de impuesto afecta el precio de los bienes o las rentas (lo cual se llama sustitución real). Por esto, un sistema tributario, que incluye los impuestos y las normas y castigos, da a los individuos incentivos para reducir su pago de impuestos que se considera como evasión de impuestos para no dejar de consumir el bien gravado; es decir, evitar una sustitución real⁵. De esta forma, se resume las decisiones de los individuos a cumplir o no la normativa y evitar el castigo.

En esta línea hay investigaciones sobre cómo actúan en la evasión de impuestos en un comportamiento de elusión y evasión, así como de los instrumentos de incumplimiento normativo como en Kaplow (2006) y Allingham y Sandmo (1972). En estos estudios se puede ver esta conducta bajo incertidumbre y sobre una que se considera criminal, teniendo en cuenta que la evasión es evitar el pago de los impuestos requeridos y la elusión la disminución de los impuestos que se deben pagar; es decir, minimizarlo dentro del marco legal (Cowell, 1995; Alm, 1999; Franzoni, 1999; Slemrod y Yitzhaki, 2000).

Así es como la evasión de impuestos queda sujeta a los incentivos y al cumplimiento de las normas. Esto es explicado por Becker (1968), quién estudió los determinantes individuales del cumplimiento con las normas tributarias, en donde se define el cumplimiento normativo acorde a la maximización de utilidad de la teoría neoclásica.

De este modo, se mira la utilidad personal y la decisión entre uno y varios bienes de consumo o decisiones de pago. Asimismo, los riesgos que perciben los individuos por no cumplir la norma (castigo por no pagar impuestos) (Allingham y Sandmo, 1972; Clotfelter, 1983). de este modo una persona no pagará impuestos si ve poco riesgo de ser castigado y así aumentar su utilidad en la evasión⁶.

No obstante, ante una falta de maximización de utilidad dejaría atrás la cuantificación racional de los riesgos y pasaría al cálculo de la capacidad de las instituciones para poder darse cuenta de la evasión y la capacidad de castigo real a las personas que no pagan impuestos; esto lleva no solo al análisis individual de la evasión y elusión de impuestos, sino al análisis de las instituciones y su forma de encontrar a los evasores. Ello se puede ver en la teoría de la disuasión descrita por Paternoster (1987) y Klepper y Nagin (1989), que además atañen este análisis a las cuestiones de forma y fondo de las normas y, más importante, la legitimidad de las instituciones.

Esta forma de ver la evasión de impuestos se centra en el cumplimiento de las normas, y se pasa a analizar la forma en que las personas toman decisiones para eludir, evadir o cumplir con dichas normas impositivas. En este sentido, entran a jugar los estudios sobre los costos de oportunidad, las normas sociales y los riesgos individuales y colectivos. Esto deja de lado la racionalidad pura y entran otros temas más de la toma de decisiones no racionales⁷, observando las probabilidades subjetivas del castigo. Ello también centra a la atención en la disuasión en la administración pública tributaria y no solo en el contribuyente, es decir, individuo e institución, mostrando además la importancia de la información que tengan las personas en cuanto al uso de sus impuestos por parte del Estado (Scholz y Pinney, 1995; Scholz y Lubell, 1998).

Otra manera de ver el incumplimiento tributario de personas y empresas fue debatida por Habegger

⁵. Proviene de la teoría clásica de Marschall y Pigou y el teorema de equilibrio de Pareto

⁶. Esto bajo el supuesto clásico de información perfecta y comportamiento racional.

⁷. Un análisis detallado de cómo se toman decisiones racionales e irracionales de los agentes económicos está en Kahnemany Egan (2011).

(1987), quien critica la forma como se diseñan los impuestos y la tasa impositiva en sí. Por ejemplo, si hay mayor tasa de impuesto de consumo que de renta la evasión será menor. Sin embargo, investigadores como Bergman (2003) dicen que más allá de la tasa impositiva, a quien se cobra y que tan alta sea, se debe ver cómo las administraciones logran bajar la evasión fiscal siendo más eficientes en el proceso, pasando de la eficiencia del díselo a la eficiencia de la administración tributaria.

Esto último requiere unas instituciones eficientes para que además se envíe una señal a la sociedad de que el incumplimiento de las normas es fácilmente detectable y castigable, si pasa lo contrario cada vez más personas y empresas tendrán incentivos para evadir los pagos. Por tanto, la información cumple un papel importante en la resolución de incentivos de pagos y evasión. Esto se da dentro de la misma institucionalidad, es decir, el ejemplo es una señal muy poderosa para los contribuyentes, ya que se sopesa también el incentivo alto de no pagar y tener más utilidad para el consumo frente al bajo riesgo de castigo.

En el caso específico de las empresas, autores como Slemrod y Yitzhaki (2000) muestran cómo se usa la elusión y los impuestos indirectos que, como ya se dijo, se da dentro del marco legal y logran disminuir la carga impositiva sin modificar la canasta de consumo ni el nivel de producción; es decir, no hay sustitución real. Esto muestra que la forma en que se afecta la tributación y la forma de encontrar y castigar a las empresas puede ser sustancialmente diferente. Una de esas diferencias se puede ver en que la evasión de las personas busca maximizar su utilidad de consumo enfrentando un riesgo de ser castigados, y la elusión de las empresas se hace de forma racional dentro de la norma, es decir, con un grado de elaboración y raciocinio más alto.

Caso colombiano

En el caso colombiano, más allá de la misma aplicación teórica se ve un problema de bajo recaudo,

aunque hay suficientes términos impositivos, y en un país en desarrollo es de vital importancia aumentar el recaudo fiscal para soportar el gasto público. En el caso colombiano se recogen ciertos impuestos acordes a los fines de este recaudo, como el impuesto de renta que se usa para la inversión en bienes y capital físico del país como carreteras y el IVA que son para infraestructura como hospitales y escuelas, ello en términos generales. En este sentido, el impuesto que más se evade en Colombia es el IVA según Sierra (2015) que se encontró en alrededor de 4500 empresas que cobran este impuesto y no lo envían a las arcas del Estado, hallándose un incumplimiento en la declaración en el 90 % de ellas.

La Dian se encarga del recaudo de impuestos y la persecución de la evasión y elusión fiscal mediante leyes como la 1819 del 2016, que conforman mecanismos para esta labor enfocándose en la fiscalización y control. Estos mecanismos se describen en el Abecé Reforma Tributaria (2016), donde muestran cómo:

- A. fortalecer la Dian: ello en la actualización de la plataforma tecnológica además de nuevos planes de capacitación del personal en fiscalización y control.
- B. penalizar la evasión fiscal: la evasión no se consideraba un delito hasta esta reforma, en la que se considera un delito penal evadir el impuesto de renta y el IVA.
- C. tipo de pago: se han incluido límites a los gastos en efectivo de las empresas para deducirlos del impuesto de renta y no hagan elusión, llevando a delito estos procedimientos, limitando además en general pagos en efectivo.
- D. reforma a mecanismo de control: se intenta controlar de mejor forma los paraísos fiscales con el intercambio de información entre países.
- E. régimen sin ánimo de lucro: en este caso se implementa una lista cerrada de actividades que, si merezcan tener beneficios tributarios, evitando que empresas que no lo merezcan usen esta figura como elusión o evasión.

F. la administración tributaria: en este ítem la Dian modifica el régimen sancionatorio generando herramientas que hacen más fácil el cobro y recaudo de impuestos, creando la UGPP (unidad de gestión pensional y para fiscales) que se encarga de la fiscalización de los empleados.

Otro mecanismo usado en la actualidad, en otros países de la región con buenos resultados, es la factura electrónica que deberá ser puesta en marcha en Colombia para todos los contribuyentes. Esta funciona con un sistema informático y una gran base de datos que masifica la facturación y presenta toda la información para el control tributario del país. Esta implementación de nuevas tecnologías se ha dado por los altos niveles de afectación fiscal que repercuten en el déficit fiscal, como lo muestran Parra y Patiño (2010). Esto, además, genera que se deban aumentar los impuestos para cubrir dicho déficit; sin embargo, como ellos mismo plantean se puede generar un problema adicional que consiste en el incentivo a que personas que no evadían impuestos ahora lo hagan ante un aumento cada vez mayor porque los demás no pagan lo que ellos sí.

A ello se suma la evasión de las empresas cuyas modalidades de evasión más observadas, según la Dian (2009), son: a) no declarar los ingresos reales, b) uso del testaferrato a quienes les registran sus activos e ingresos, c) creación de falsas fundaciones sin ánimo de lucro para no pagar impuestos y d) el constante cambio de la razón social de la empresa. Esto podría darse por la carga impositiva que es relativamente alta en el país, y las empresas se ven motivadas a disminuir este pago que es visto como un costo muy alto; empiezan por la elusión de impuestos y, cuando se dan cuenta de que nadie los castiga (falta de eficiencia de entes de control), terminan en la evasión.

Para poder mejorar este horizonte no se debe ver el panorama solo desde las leyes y normas, porque prácticamente castigan todos los delitos fiscales, el problema estaría en la parte operativa

en la capacidad de las instituciones. Por ello, se han planteado nuevas formas de trabajar, buscar y castigar la evasión y elusión; en este caso con la inclusión de la tecnología para tal fin, que pretende mejorar la eficiencia de los procesos para poder acelerar y dar mejor soporte a cada caso investigado y para ello se usan cada vez más herramientas informáticas. A continuación, se observará el problema fiscal de la evasión y, posteriormente, se analizará la implantación de estas tecnologías para mejorar los procesos.

Evidencia empírica

Ante la falta de evaluaciones de impacto o evidencia de la implementación de estos programas tecnológicos en la fiscalidad, más específicamente en Colombia, se debe acudir al análisis descriptivo que muestra la relación entre variables macroeconómicas del sistema tributario. Con ello se puede evidenciar el problema que tiene el país para cubrir su creciente gasto, y ante las medidas de incremento de impuestos que se han visto insuficientes y, en muchos casos, como sugiere la teoría y estudios vistos, puede llevar a un problema mayor que afecte la demanda agregada o aumente la evasión. Este último punto lleva a replantear la forma como se debe recaudar y estaría en el sentido de recuperar esta cartera que permite que, por la evasión y elusión fiscal, se pierdan recursos suficientes para cubrir la brecha fiscal, caso que se verá después del análisis descriptivo.

En la figura 1 se puede observar que el gasto con rezago del gobierno ha venido aumentando a un mayor ritmo que los ingresos de la nación, y ambos están alcanzando la senda de crecimiento del producto interno bruto (PIB), es decir, cada vez serán una mayor proporción del PIB. El gasto con rezago es el gasto del gobierno en el tiempo presente más el acumulado (puede ser deuda) de periodos anteriores, ello implica que aunque se pueda cubrir los gastos del gobierno con los ingresos en la actualidad, ya que crecen a un ritmo constante y similar, aún falta cubrir el rezago de los gastos del

gobierno y este puede ser cada vez mayor, ya sea por un cambio en el techo de la deuda o por los intereses o riesgos de pago del país, que aun manteniéndose constantes, muestran que necesitan un aumento del gasto para ser sostenibles.

Al mirar la composición del gasto que sería en su mayoría proveniente de los impuestos, estos solo cubren el gasto social, es decir, las políticas económicas y sociales guiadas a mejorar el bienestar de las poblaciones, especialmente la más vulnerable. Lo anterior implica que los demás ingresos, como participación en empresas como Ecopetrol, deben cubrir otra gran proporción del gasto, lo que acarrea, además, que se dependa de los precios de los commodities en el mundo, como ocurrió con el descenso del proceso del petróleo de los años 2015 y 2016.

Lo anterior muestra que aunque el recaudo ha venido aumentando, no es lo suficiente para cubrir los gastos crecientes del estado, por lo que es necesario recuperar los impuestos que se pierden por la evasión fiscal para evitar daños a la demanda agregada del país que afecta el producto y la inversión. Esto también significa que, aunque el PIB ha crecido de forma constante, más que todo después del 2009, una proporción más alta del gasto en

referencia al PIB debe ser atendida por lo que, si baja el consumo producto de mayores impuestos, afectará en el mediano plazo al PIB y la colocación del gasto. Una muestra más de que se necesita seguir luchando contra la evasión de impuestos.

En la figura 2 se observa la composición de los ingresos por impuestos del Estado. Allí se muestra que el mayor recaudo se hace en la renta y complementarios⁸, seguido de la retención en la fuente e IVA, lo que carga más que todo al consumo y transacciones comerciales, detrás de ellos esta las declaraciones de IVA⁹ y, por último, la renta cuotas y retención en la fuente a título de IVA. Estos dos últimos son pagos por cuotas de la renta y la retención es un pago anticipado del IVA. Lo anterior resume el recaudo en dos grandes grupos la renta y el IVA, el primero que es sobre los ingresos de personas o empresas y el segundo sobre el consumo, en suma el de mayor proporción de participación es la renta y ambos impuestos han aumentado de forma similar, lo que implica que el recaudo de los dos ha

⁸. El impuesto de renta y complementarios se conforma por los impuestos de renta y los complementarios de las ganancias ocupacionales y remesas.

⁹. Es un impuesto a las ventas que presentan quienes están en el régimen común en el impuesto a las ventas.

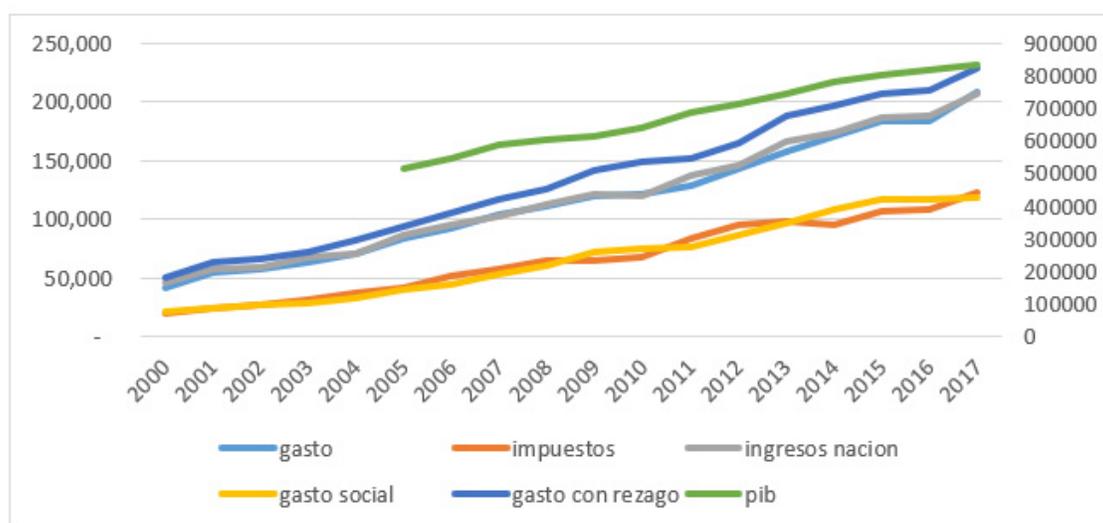


Figura 2. Composición de los impuestos IVA y renta.

Fuente: elaboración a partir de datos de la Dian.

venido creciendo constantemente; la diferencia entre ellos se da en las reformas tributarias que pueden cargar más a las personas o a las empresas o si es el IVA puede ser más o menos regresivo. Ello implica que la Dian debe enfocarse en ambos impuestos; aunque por eficiencia se pueda recaudar más en el impuesto de la renta, más que todo de mayores o grandes contribuyentes que más allá de las exenciones deben pagar todo el tributo.

Evasión fiscal

La evasión fiscal en Colombia presenta ya indicadores preocupantes como lo muestra el informe del World Bank (2015), el cual muestra que el país está en el lugar 136 de 189 en el pago de impuestos, lo que significa que es uno de los países que menos paga sobre la norma vigente, es decir, de los que mayor evasión presenta. Una de las causas que se presentaban era la falta de eficiencia del Gobierno en el recaudo, que en el sistema complejo que tienen de tributación puede afectar a algunas empresas o personas y beneficiar a otras que se aprovechan del sistema o de sus vacíos.

La evasión fiscal en Colombia tiene unos aspectos específicos, más que todo en el contexto

internacional, dado el bajo grado de flujos de capital con el extranjero, la evasión del país no responde muchas veces a un fenómeno internacional de paraísos fiscales sino a situaciones internas. Además, es un país con tasas de informalidad bastante altas que son proclives a un sistema de empresas informales que no pagan impuesto, lo que genera una especial atención a la evasión de impuestos IVA y Renta por este tipo de estructuras.

Por ello, el país ha presenciado tres reformas tributarias en los últimos 30 años que, según Gómez, Jiménez y Martner (2017), han aumentado el recaudo pasando de un 7,5 % a un 15,1 % desde 1985 a 2014. Es decir, se duplicó el recaudo, aumentando en mayor medida el IVA e impuesto sobre la renta; sin embargo, puede deberse más a los fenómenos económicos propios del mercado que al sistema impositivo, o una mezcla de los dos. Ello, además, permitió que los ingresos de la Dian, que es la entidad que recauda los impuestos, aumentaran un 81 % desde 1985.

Dentro de estos aumentos el de mayor crecimiento fue el IVA, seguido de la actividad externa e impuestos sobre la renta. Sin embargo, también se han presentado aumentos en la evasión de impuestos lo que coloca una potencialidad (metodología

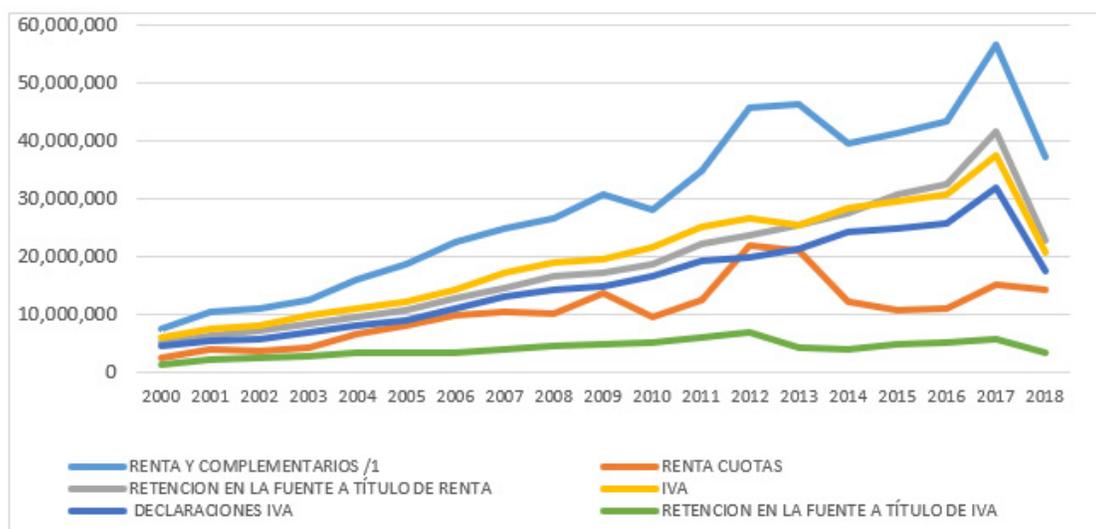


Figura 2. Composición de los impuestos IVA y renta.

Fuente: elaboración a partir de datos de la Dian.

explicada en Gemmell y Hasseldine, 2014; Toder, 2007) muy alta del país en el recaudo que se ha visto mermada por este fenómeno. Por ejemplo, según cálculos de la Gómez, Jiménez y Martner (2017), el recaudo potencial ha sido mayor que el efectivo en el país, lo que mostraría una brecha de evasión o elusión fiscal. Según el mismo informe, tres autores realizaron los cálculos con esta metodología (Avendaño, 2005; y Rico, 1993, citados por el autor del informe) quienes mostraron que el monto no recaudado fue de 69 % según (Avendaño, 2005) y 43 % según Rico, 1993), lo que muestra un intervalo de evasión realmente alto.

Un estudio del Hansen, Kumar y Shome (1994) para el Fondo Monetario Internacional (FMI) muestra que la tasa de evasión en Colombia se ubicaba en el 37 % en 1987. Parra y Patiño (2010) mostraron que esta tasa varió (en términos del impuesto del IVA y la renta) del 50 % al 25 % desde la misma fecha; la Jorratt y Podestá (2010) muestran que la evasión en Colombia está entre el 40 % y el 65 %; y la OCDE (2015) que está entre el 25 % y el 30 %.

Las cifras anteriores muestran que la evasión en general en la actualidad se puede ubicar entre el 25 % y el 30 %, y que este ha disminuido desde las mediciones de los años 80, lo que representa una mejora considerable, pero aún se mantiene una preocupación ya que es un porcentaje de evasión alta. Esto abre la puerta a que los mecanismos de recuperación de esos recaudos sean un factor fundamental en el recaudo final de los impuestos; y, para ello, como ya se ha mostrado en esta revisión, es necesario poner en marcha nuevas tecnologías.

Tecnología en el sistema tributario

Los avances tecnológicos han llegado a permear, y lo seguirán haciendo, en los sistemas tributarios. Esto mediante la facilidad que permite para los agentes económicos (Gobierno, personas y empresas) administrar los pagos de los tributos que le corresponden según la norma de cada país; pero, además, se está convirtiendo en una herramienta para evitar la evasión fiscal.

Esta tecnología se basa en el aprovechamiento de las herramientas de las TIC en donde el internet en un eje central que permite administrar todo el tránsito de la información necesario para estos procesos, generando no solo más eficiencia, sino menores costos en todo el sistema (costos para empresas y gastos para las personas). Todo esto optimiza la fiscalización mediante el aprovechamiento de la información, elemento que es central porque no solo evita las asimetrías de la información en la economía que afectan las decisiones de los agentes económicos, si no permite controlar la evasión ya que cualquier caso de evasión o elusión a resolver se debe presentar en términos de la información que se puede volver evidencia. Y, más allá de ello, la información en sí provee la forma de buscar e inducir el pago de quienes evaden, es decir, que la falta de control o la falta de información en la fiscalización en sí es una de las causas de sus problemas en cuanto a la evasión y a los costos del pago.

Al tener un sistema manejado de esta forma hace que los contribuyentes también tengan que pagar menos en la transacción de los impuestos, no porque paguen menos impuestos, sino porque asumen menores costos de transacción y esto incentiva a pagar lo correspondiente si ya de por sí hay una mejora previa de su bienestar subjetivo. Esto se ha puesto en funcionamiento en América Latina, especialmente en Chile y Colombia. En el caso de Chile se hace bajo una modificación de las normas y un plan de seguimiento con tecnología de este tipo a la evasión fiscal, además de ello se implementó un sistema con esta tecnología mediante una oficina virtual que controla todos los trámites administrativos, permitiendo la eficiencia en el proceso y menores costos a los contribuyentes¹⁰ (Armas y de Eizaga, 2007).

¹⁰ El caso puntual de la evasión, realizado por el Servicio de impuestos internos (SII) representa uno de los más avanzados por el seguimiento que hace de forma electrónica a las empresas y personas que se contrasta con los informes oficiales y los potenciales. Es decir, se controla lo que deben pagar con lo que efectivamente pagan en poco tiempo, por lo que el sistema es más eficiente y más en el caso que se deba intervenir de forma legal si se da el caso.

Según Armas y de Eizaga (2007), la Dian en Colombia creó un modelo único de ingresos, servicio y control automatizado (Muisca), que tenía como objetivo principal la recaudación más eficiente de los impuestos, pero también el control sobre los pagos, es decir, una forma de seguimiento para evitar la evasión. Sin embargo, este sistema se desarrolló para hacer más eficientes los procesos mediante una metodología de estandarización de documentos, recolección y almacenamiento de datos.

Esta evolución de la tecnología en la tributación se está dando a nivel mundial como lo muestra la OCDE (2016) quienes emitieron una serie de recomendaciones para su uso, esto es en mayor medida para evitar la evasión fiscal, con la premisa de nuevo de mejorar la información más que todo para evitar que se fuguen capitales a paraísos fiscales, por lo que la cooperación internacional en este caso es vital. Entonces, el primer paso para evitar problemas de evasión es mejorar la información, esto en los problemas internos de cada país y en los externos fiscalización internacional; esta mejora en la información se da con nuevas tecnologías de información.

Según las cifras de la OCDE, desde 2014 estas herramientas permitieron recaudar más en los países miembros (Colombia entró en el 2018, y tendrá que ajustarse a estas recomendaciones), con una herramienta de acceso a la información y el intercambio de esta. Como se ha mencionado, comenzó como una herramienta de control internacional que ha permitido al fisco recuperar, según la OCDE, hasta 85 000 millones de dólares.

En esta misma línea el FMI (2018) mostró que la inclusión de tecnologías digitales en la política fiscal permite reducir la evasión de impuestos. Además, expone cómo con las bases de datos digitales se detecta más fácilmente comportamientos que pueden ser de fraude fiscal. Según sus estimaciones, estas herramientas digitales permitirán aumentar la recaudación entre el 1 % y el 2 % del producto interno bruto (PIB).

Estos informes de nuevo consideran que el mayor problema es, en la evasión internacional, con los paraísos fiscales, por lo que también recomiendan que una vez se obtenga más información esta sea compartida entre países socios o por convenios fiscales internacionales, puesto que la evasión interna puede volverse externa en cualquier momento se deben combatir los dos frentes. Asimismo, afirman que no solo se debe aplicar medidas a la tecnología para la evasión sino para facilitar el pago de impuestos, ya que muchas personas o empresas pequeñas no tienen claro que deben pagar ni cómo hacerlo, ello desde herramientas como internet, con celulares o diferentes plataformas que ya se usan mundialmente.

Por último, el informe aclara una de las cuestiones más problemáticas del uso de herramientas digitales, por un lado la desconfianza en los gobiernos que no se puede controlar en esta fiscalización, porque es un problema de democracia; y, por otro lado, los fraudes por medios digitales son cada día mayores, por ello aunque se avance en la digitalización de los procesos estos deben tener un control minucioso y una seguridad muy alta ya que un fraude digital puede llegar a ser mucho más grande que los que se daban antes.

Por otro lado, el informe de la OCDE (2016) propone una serie de herramientas para la digitalización fiscal que se resumen en una supresión de las ventas electrónicas y contra-tecnología, la falsa facturación, la circulación excesiva de efectivo y malas prácticas fiscales.

Implementación de la tecnología en la fiscalidad

La decisión de aplicar estas herramientas informáticas es de política pública, en particular para mejorar las políticas fiscales, es decir, mejorar el funcionamiento de la Dian. El desarrollo de nuevas tecnologías intensifica el trabajo en los bienes intangibles y en la acumulación de la información, por ejemplo, al centralarla y descentralizarla, o mejor dicho en la forma de adquirir más información

de las regiones más alejadas del centro o polo informativo e informático que en el caso de Colombia la central está en Bogotá.

Esto implica, además, que dentro de la mayor productividad que puede generar poner en marcha estas tecnologías está el mejor funcionamiento y el menor costo, lo que acarrea que cada nuevo avance debe representar una ventaja en términos de costo-beneficio. Según los cálculos del informe de la OCDE, en países como Austria se espera recaudar 900 millones de euros adicionales por el uso de estas herramientas informáticas, en Bélgica el aumento de un 8 % y en Canadá una cifra cercana al 1,2 billones de dólares; lo anterior evaluando programas de facturación electrónica e intervención vía digital en el sector turismo de estos países.

En cuanto al cálculo del IVA en los países estudiados, se encontró que el recaudo aumentó un 15 %, superando con esta cifra los costos de la implantación de los programas de innovación tecnológica para la recaudación y evasión de impuestos. Por ejemplo, en Suecia se han conectado desde el año 2010 135 000 cajas registradoras con la unidad de control fiscal, permitiendo que se incluyan las transacciones en efectivo, y la recuperación de IVA y otros impuestos fue de 300 millones de euros.

Ello permitió ver, además de los resultados fiscales, que las empresas se beneficiaron porque evitaron en mayor medida los robos por parte de los empleados de las empresas que se aprovechaban de los vacíos en la información contable, lo que en términos económicos es una externalidad positiva de las nuevas tecnologías en la fiscalidad. También, con estas herramientas se reduce el tiempo en las intervenciones para la evasión de impuestos, por ejemplo, en Quebec el tiempo se redujo de 70 a 3 horas y se centraliza la información necesaria para su uso de intervención, de búsqueda de evasión y de legislación para procesos penales.

Por otro lado, uno de los temas que más impacto puede tener y que se estudia en la actualidad es la factura electrónica. La comisión la muestra como una buena herramienta ya que permite

conservar los registros de las transacciones con los clientes y obligatoriamente dan factura a los mismos, el sistema central toma la información para su estudio o registro, ello debe respaldarse con firmas electrónicas para evitar fraudes para la empresa y el gobierno. Esta herramienta necesitaría de la comparación de los datos del vendedor y el comprador ya sea de forma periódica o al instante.

En Colombia esto ya se ha hecho con buenos resultados, y también en otros países de la región como Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Perú y Uruguay (Seco y Muñoz, 2018). Y solo en México se ha evaluado de forma más profunda y se proyecta que 4,2 millones de microempresas llegarán a la economía formal, mostrando otra externalidad positiva, esta vez en la formalidad de la económica.

Laboratorios de informática forense regionales

Este estudio parte del análisis de la informática forense, conocido como una ciencia que parte de conceptos y procedimientos de las ciencias forenses. La informática forense tiene como objetivo replicar los métodos de la ciencia forense en general, enfocándose hacia el análisis de datos y, lo más importante, la evidencia digital. Todo ello en plataformas tecnológicas que soporten el almacenamiento y procesamiento de la información y grandes datos.

Antes de ahondar en el tema, es necesario mostrar que este tipo de análisis forense digital ha comenzado a usarse en varias ciencias y aplicaciones, sobre todo de seguridad. Esto trae consigo que ha sido probado su uso en ámbitos de seguridad informática y su eficiencia ha permitido desarrollar mejores procesos; esto se observa en Jaimés y Fuentes (2013), quienes demuestran la operatividad en plataformas informáticas para el análisis forense.

Además, se puede observar su aplicación en Hoog (2011) y Daniel (2012), quienes muestran la aplicación del análisis forense digital en

dispositivos móviles, más que todo en la confiabilidad de la información para las empresas y los usuarios; y en otro tipo de crímenes, como se ve en Mas y Rosado (2011), quienes muestran sus aplicaciones forenses en general, además de las ventajas de los rastros digitales que son únicamente vistos con un análisis forense digital. Y, como se ha dicho, esto se aplica mejor en un laboratorio que lo permita. La validez de este tipo de procedimientos se ha avanzado en diferentes sistemas operativos, uno de los más estudiados es Linux. Según Jaimes y Fuentes (2013), que muestra la verificación y eficacia de este sistema que sigue vigente a pesar de los avances tecnológicos. A esto llega la computación forense explicada por Wang *et al.* (2005), quienes muestran que llega ante la evolución de la era digital que va más allá de la seguridad informática y toma el papel de seguidor y rastreador para la conformación de evidencia forense, que no se dan solo en delitos informáticos sino se puede llevar a más ramas.

En la experiencia particular, se ha evidenciado que en Colombia se tienen más preferencias por los sistemas operativos licenciados o software propietarios, debido incluso a que no existen políticas gubernamentales de uso de software libre. Por lo que crecemos en un entorno en el que todo tiene software Propietario: en el colegio, en la universidad, en la empresa, en el trabajo, en las entidades estatales, bancos, entre otros.

Esto permite ahora centrarse en la evidencia digital que se encuentre involucrada en una investigación o indagación, como recopilación, preservación, análisis y reportes de la prueba digital. Ello, como los demás análisis forenses, parten a tomar una estructura de evidencia legal para formar un caso o soportar uno abierto. Por ello, cada evidencia digital debe ser presentada bajo resguardo legal y sometida a otras pruebas de fidelidad como las demás evidencias.

Esto lo explican Castillo, Romero y Cano (2008) y McKemmish (1999), para quienes al llevar ese proceso se debe hacer de manera confiable y que sea legalmente válido. Para ello, se

necesita prueba digital de dos maneras: a) la primera es ver la evidencia digital como una prueba ordinaria y b) se debe considerar como evidencia no latente, es decir, que se trate en un marco legal legítimo para la recolección y preservación de esta.

Las pruebas digitales se recolectan, trasladan, analizan y almacenan según sea el caso particular y deben garantizar la reserva e integridad de su información, procesos que deben ser ajustados a un patrón o tipo común por las entidades que las requieren, mostrando la custodia de la misma y registrando la manipulación de cada una para que las conclusiones de estas sean fácilmente repetibles y auditables.

Para todo este proceso es necesario que estas pruebas tengan una función orientadora en la que da un hilo conductor sobre los hechos y una función probatoria donde la evidencia se puede mostrar en un proceso. De esta forma, se considera prueba digital a la información que está sujeta a manipulación humana, electrónica o informática y ha sido extraída de un medio tecnológico. Esta se presenta en medios físicos, pero presenta diferencia con la evidencia física, puesto que es intangible, puede duplicarse las veces requeridas o necesarias y son copias idénticas a la original, además no puede modificarse fácilmente por lo que debe ser protegida más estrictamente (Di Iorio *et al.*, 2016).

Las pruebas digitales tienen que ser analizadas y procesadas para sacarles el máximo provecho, la creación de caso y el posterior aporte de pruebas digital requiere infraestructura tecnológica adecuada para la consecución de las pruebas que permitirán la imputación de los delitos identificados. Ahora bien, es necesario comparar el desempeño de un sistema físico frente a uno virtual. Entonces, se presentan dos escenarios: uno físico en donde cada institución tiene un "mini" laboratorio forense y otro en el que existe un laboratorio macro y desde cada institución realizan acceso remoto al mismo y cargan o descargan información en un entorno virtualizado.

Al ver la necesidad y utilidad del análisis forense informático, es necesario observar las ventajas de un sistema central digital que responda a las necesidades como almacenamiento y procesamiento de tal cantidad de datos. Esto lo plantea más específicamente Craiger, Burke, Marberry y Pollitt (2008), quienes afirman que este proceso es ineficiente en laboratorios descentralizados, esto implica un gasto monetario mayor por los equipos e instalaciones en cada sede, además que la falta de capacitación de algunas personas, algo que no siempre se controla, puede dañar la cadena de custodia o la evidencia en sí. Para ello se plantea que los laboratorios en el futuro serán virtuales, esto involucra cortar las barreras geográficas.

Ahora bien, es importante tener en cuenta los cuidados que los funcionarios deben tener al recolectar la evidencia que en un futuro será el material probatorio para iniciar cualquier proceso de corrección, determinación e imposición de sanciones a los contribuyentes con irregularidades en sus procesos. El perfilamiento, la recolección, el procesamiento y la conservación de las evidencias hace parte del proceso de recolección de pruebas, el análisis y el informe final que determina los valores a corregir de existir diferencias en lo declarado y la realidad económica del contribuyente.

Al descentralizar las herramientas con un entorno virtualizado se da el acceso a los funcionarios desde cada seccional, permitiendo incluso controlar el acceso a cada caso y verificando el avance de los que están en curso. Esta descentralización proporciona más seguridad ya que incorpora una red de área de almacenamiento y virtualización tecnológica, se reduce la duplicidad de recursos y tareas disminuyendo los costos y la pérdida de información por inexperiencia, y uno de los aspectos más pertinentes que da la ventaja a estos sistemas en la capacidad de procesar una cantidad de datos mayor a través de internet, reduciendo el tiempo de procesamiento de las pruebas digitales llevando las mismas herramientas a varios sitios y grupos con la misma eficiencia o superior que un

laboratorio físico y a menor costo (Miller, Glendowne, Dampier y Blaylock, 2014).

De esta forma, la propuesta de laboratorio digital permite la identificación, recolección y procedimiento de la información contenida en los dispositivos de almacenamiento digital, con lo cual se determina un proceso de recolección, tratamiento y análisis de dicha información para detectar las posibles evasiones fiscales. Así, se puede seguir una serie de pasos en los que el laboratorio forense digital hace que el proceso sea más eficiente para enfrentar la evasión fiscal.

En primer lugar, se realiza un perfilamiento de la organización en la que se realiza el análisis de la coyuntura de la intervención en la visita a las empresas los análisis del perfil del contribuyente. En este sentido, la información del perfilamiento puede ser igualmente almacenada y de fácil acceso con un laboratorio digital en la cual todos acceden de forma remota a dicha información; si son seccionales podrían ingresar a la base de datos central sin necesidad de más usos tecnológicos, lo que permite que se hagan procedimientos en más puntos geográficos.

Por otra parte, se realiza un registro del procedimiento que integra la proposición de objetivos, el desarrollo y registro de las actividades. Ello requiere el registro de toda la logística de personal y equipos que van a ser usados; de nuevo, esta información puede ser almacenada y usada por varias oficinas en varios procedimientos y retroalimentar los formatos para el diligenciamiento de los procedimientos. Después del registro los funcionarios realizan el trabajo de verificación de la información y de los soportes documentales (digitales) del procedimiento, examinando aquellos que pueden ser potencialmente evidencia digital para ser analizados en el laboratorio con cifrado informático o se consideren de este tipo, que incluye datos, textos, imágenes; y dentro de la evidencia digital se recolectan dispositivos de almacenamiento que puede considerarse archivos o fuentes de archivos digitales o imágenes.

Estas imágenes se obtienen de forma física o lógica. En la física se obtiene un archivo de imagen con la totalidad de la información dentro del dispositivo de almacenamiento; en la lógica se obtiene una imagen de una fracción de la información contenida o de varias fracciones. Estos archivos se autentican mediante un sistema de verificación probado (hash, y se debe tener especial cuidado con la integridad de esta evidencia para que los procesos fiscales sean válidos. La capacidad de procesamiento y adaptación de los laboratorios digitales permiten que se dé un mejor tratamiento a la prueba digital en todas las zonas geográficas donde se actúa, además de la facilidad de obtención de la información de un proceso y de modificación de los procedimientos para hacerlos más eficientes.

Asimismo, el laboratorio digital adquiere relevancia en la supervisión de los procedimientos para que la prueba digital sea pertinente a la investigación, esto por el acceso rápido y seguro a la información y procedimientos que se tiene en cualquier momento. Adicional a esto, garantiza una posible repetición y auditoría de la información para verificar la viabilidad y pertinencia operativa y legal, es decir, que sea más eficiente en la preservación y consolidación de la información y análisis dado.

Este análisis de las imágenes o archivos forenses (digitales), realizados en el laboratorio forense digital, permite identificar fácilmente los elementos relevantes de cada caso, mediante el uso de las técnicas informáticas y de datos, para obtener o identificar los archivos, bases de datos, hojas de cálculo, documentos, correos electrónicos, archivos contables, facturación, entre otros, que pueden demostrar una evasión fiscal. Después de este procedimiento, el laboratorio digital permite que la información, los archivos y evidencias puedan ser ubicados en dispositivos cifrados para la consolidación de la información, lo cual genera una visualización y posible análisis de los archivos de forma fácil y rápida por parte de cualquier funcionario capacitado y que tenga estas funciones.

Finalmente, con un entorno virtualizado para la ejecución de las labores propias de auditoría entre las seccionales, se brindan la mayor parte de herramientas de las que dispone el nivel central beneficiando en primera medida la agilidad y prontitud con la que se realizan los informes de auditoría y el aporte de pruebas de este, permitiendo que se puedan sustanciar los procesos más ágilmente y no se dependa tanto de la disponibilidad de recursos físicos centralizados.

Conclusiones

El sistema tributario en Colombia presenta problemas de recaudo que no permiten tener un balance fiscal favorable para el país, generando un pasivo y una deuda muy alta para el estado, ello involucra que se deba cubrir con mayores ingresos tributario. Estos ingresos provienen de las empresas y personas que pagan los impuestos, pero ante tasas impositivas cada vez mayores no se han tenido los resultados esperados porque hay un problema de evasión y elusión de impuestos en el país que hace que las personas que pagan impuestos sigan cubriendo este hueco fiscal y terminaran evadiendo impuestos si se afecta mucho su consumo.

La normativa que castiga la evasión de impuestos es amplia y está bien definida en cada modalidad de evasión o elusión. Esto acarrea que el castigo por evadir impuestos ya está dado y legalmente se tienen unos procedimientos establecidos para dicha tarea. Es decir, no es el caso de la falta de normas o de incentivos y castigos para solucionar el problema lo que hace falta en el país, sino mejorar los mecanismos para optimizar los procesos internos de este trabajo.

Lo anterior implica darle más herramientas a las zonas más alejadas de los centros donde trabaja nórmamele la Dian, es decir, en las grandes ciudades, ya que las empresas aunque se concentran en ciertos centros urbanos, tienen sedes o sitios donde producen los bienes y servicios a los cuales estas sedes centrales no pueden acceder fácilmente, no solo en el orden físico, sino logístico del mismo

procedimiento, y a veces es más costoso adquirir las herramientas y habilidades para estas zonas que lo que se logra recaudar.

Por esto, los laboratorios forenses digitales dan dos tipos de ventajas para trabajar de forma descentralizada, pero a la vez con control centralizado, esto significa que dichos laboratorios dan las herramientas a los funcionarios de la Dian en todo el país para que puedan procesar los datos o evidencias de sus procesos y lo hagan mediante el acceso a unas máquinas virtuales con procesadores mucho más potentes que los recursos de una seccional. Esto permitiría que el proceso sea mucho más capaz y rápido, pues este acceso remoto desde cualquier parte del país a la base central admite que las herramientas estén disponibles para todo aquel que las necesite en sus procesos. Pero, además, permite un centro centralizado de todos los procesos, ya que toda la información que sea usada queda almacenada al instante en la base central de la Dian, que tendrá acceso a dicha información para su control.

El control de los recursos dispuestos para ser utilizados por los funcionarios de las diferentes seccionales debe estar en el nivel central en donde se controla el acceso a la información, así se administra su uso garantizando la reserva de los archivos almacenados garantizando un acceso ágil y eficiente de cada uno de los auditores.

Por último, todo esto ayudaría a combatir la corrupción en los funcionarios ya que al tener acceso en tiempo real a todos los procesos en el país es posible hacerles un mejor seguimiento que con herramientas no digitales que deben trasladarse en físico y esperar que externamente se generen informes o información que se necesita. Por estas ventajas es recomendable implementar los laboratorios forenses digitales en el proceso que realiza la Dian para evitar la evasión fiscal.

Referencias

- Allingham, M. G.; Sandmo, A. (1972). Income tax evasion: a theoretical analysis. *Journal of Public Economics*, 1(3-4), 323-338. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(72\)90010-2](https://doi.org/10.1016/0047-2727(72)90010-2).
- Alm, J. (1999). Tax compliance and administration. *Public Administration and Public Policy*, 72, 741-768.
- Armas, M. E.; de Eizaga, M. C. (2007). Las nuevas tecnologías en las administraciones tributarias. *Télématique: Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, 6(3), 84-98.
- Avendaño, N. (2005). *Evasión en el impuesto a renta de personas naturales: Colombia 1970-1999*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Becker, G. S. (1968). Crime and punishment: An economic approach. En *The economic dimensions of crime* (pp. 13-68). Londres: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-62853-7_2
- Bergman, M. (2003). Tax Reforms and Tax Compliance: The Divergent Paths of Chile and Argentina. *Journal of Latin American Studies*, 35(3), 593-624. <https://doi.org/10.1017/S0022216X03006850>
- Castillo, C.; Romero, A.; Cano, J. (2008). Análisis forense orientado a incidentes en teléfonos celulares GSM: una guía metodológica. En *XXXIV Conferencia Latinoamericana de Informática, Centro Latinoamericano de Estudios en Informática* (CLEI).
- Clotfelter, C. T. (1983). Tax evasion and tax rates: An analysis of individual returns. *The Review of Economics and Statistics*, 363-373. <https://doi.org/10.2307/1924181>
- Colombia; OCDE (2015). *Estudios económicos de la OCDE Colombia. Visión general*. Bogotá: OCDE.
- Cowell, F. A. (1995). *Engañar al Estado: un análisis económico de la evasión*. España: Alianza.
- Daniel, L. (2011). *Digital forensics for legal professionals: understanding digital evidence from the warrant to the courtroom*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-59749-643-8.00003-1>
- Di Iorio, A. H.; Mollo, M.; Cistoldi, P.; Lamperti, S.; Giaccaglia, M. F.; Malaret, P.; Constanzo,

- B. (2016). Consideraciones para el diseño de un laboratorio judicial en informática forense. Universidad FASTA. <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/1564>.
- Dian (2009). *Evasión del Impuesto al Valor Agregado (IVA) en Colombia: 2000-2008*. Bogotá: Dian.
- Fondo Monetario Internacional (2018). *Fiscal Monitor: Capitalizing on Good Times*. Washington D.C.: FMI
- Franzoni, L. A. (1999). *Tax Evasion and Tax Compliance, Italy*, University of Bologna. <https://doi.org/10.2139/ssrn.137430>
- Gemmell, N.; Hasseldine, J. (2014). Taxpayers' Behavioural Responses and Measures of Tax Compliance' Gaps': A Critique. *Fiscal Studies*, 35(3), 275-296. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.2014.12031.x>.
- Gómez Sabaini, J. C.; Jiménez, J. P.; Martner Fanta, R. (2017). Consensos y conflictos en la política tributaria de América Latina. Santiago de Chile: CEPAL. <https://doi.org/10.18356/256beeca-es>
- Hansen, R. S.; Kumar, R.; Shome, D. K. (1994). Dividend policy and corporate monitoring: Evidence from the regulated electric utility industry. *Financial Management*, 16-22. <https://doi.org/10.2307/3666052>
- Harberger, A. (1987). *Modern Developments in Public Finance*. Oxford: B. Blackwell.
- Hoog, A. (2011). *Android forensics: investigation, analysis and mobile security for Google Android*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-59749-651-3.10006-8>
- Jaimes, L. M. S.; Fuentes, A. S. F. (2013). Metodología para el análisis forense en Linux. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 2(20).
- Jorratt, M.; Podestá, A. (2010). Análisis comparativo de las metodologías empleadas para la estimación de la evasión en el impuesto a la renta. En: *Evasión y equidad en América Latina* (pp. 69-94). Santiago: Cepal.
- Kahneman, D.; Egan, P. (2011). *Thinking, fast and slow* (vol. I). Nueva York: Farrar, Straus and Giroux.
- Kaplow, L. (2006). On the undesirability of commodity taxation even when income taxation is not optimal. *Journal of Public Economics*, 90(6-7), 1235-1250. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2005.07.001>
- Klepper, S.; Nagin, D. (1989). The deterrent effect of perceived certainty and severity of punishment revisited. *Criminology*, 27(4), 721-746. <https://doi.org/10.1111/j.1745-9125.1989.tb01052.x>
- Laffer, A. B.; Seymour, J. P. (1981). *The economics of the tax revolt: A reader*. Nueva York: Harcourt Brace Jovanovich.
- López, Ó.; Amaya, H.; León, R.; Acosta, B. (2001). *Informática forense: generalidades, aspectos técnicos y herramientas*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Más, F. R.; Rosado, A. D. (2011). La informática forense: el rastro digital del crimen. *Derecho y Cambio Social*, 8(25), 21.
- McKemmish, R. (1999). *What is forensic computing?* Canberra: Australian Institute of Criminology.
- Miller, C.; Glendowne, D.; Dampier, D.; Blaylock, K. (2014). Forensiccloud: An architecture for digital forensic analysis in the cloud. *Journal of Cyber Security*, 3, 231-262. <https://doi.org/10.13052/jcsm2245-1439.331>
- Navarro, H. D. B. (2008). Verificación empírica de la curva de Laffer en la economía colombiana (1980-2005). *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 16(1), 151-164.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2016). *Advanced Analytics for Better Tax Administration*. París, Francia: OCDE.
- Parra-Jiménez, O. D.; Patiño-Jacinto, R. A. (2010). Evasión de impuestos nacionales en Colombia: año 2001-2009. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 18(2). <https://doi.org/10.18359/rfce.2279>
- Paternoster, R. (1987). The deterrent effect of the perceived certainty and severity of

- punishment: A review of the evidence and issues. *Justice Quarterly*, 4(2), 173-217. <https://doi.org/10.1080/07418828700089271>
- Pollitt, M.; Nance, K.; Hay, B.; Dodge, R. C.; Craiger, P.; Burke, P.; Brubaker, B. (2008). Virtualization and digital forensics: A research and education agenda. *Journal of Digital Forensic Practice*, 2(2), 62-73. <https://doi.org/10.1080/15567280802047135>
- Rico, C. (1993). *La pérdida de recaudo en el impuesto sobre la renta. Aplicación para Colombia: 1978-1992*. Maestría en Economía, Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.
- Scholz, J. T.; Lubell, M. (1998). Trust and taxpaying: Testing the heuristic approach to collective action. *American Journal of Political Science*, 398-417. <https://doi.org/10.2307/2991764>
- Scholz, J. T.; Pinney, N. (1995). Duty, fear, and tax compliance: The heuristic basis of citizenship behavior. *American Journal of Political Science*, 490-512. <https://doi.org/10.2307/2111622>
- Seco, A.; Muñoz-Miranda, A. (2018). Panorama del uso de las tecnologías y soluciones digitales innovadoras en la política y la gestión fiscal (N.º IDB-DP-00604). Inter-American Development Bank.
- Sierra, L. F. H. (2015). Doctrina del Fair Use Prente a los Retos Impuestos por el Entorno Digital-Estudio del Caso Google Books. *Rev. Prop. Inmaterial*, 20, 57. <https://doi.org/10.18601/16571959.n20.04>
- Slemrod, J.; Yitzhaki, S. (2000). Tax avoidance, evasion and administration. Working Paper w7473. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w7473>
- Toder, E. (2007). What is the tax gap. *Tax Notes*, 117(4), 367-378.
- World Bank (2015). Doing business 2016: measuring regulatory quality and efficiency. Unspecified.
- Yun, W. (2005) *Foundations of computer forensics: A technology for the fight against computer crime*. Elsevier. Computer Forensics. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2005.02.007>





RFID en el servicio bibliotecario de la UTM

RFID in the UTM librarian service

RFID no serviço bibliotecário UTM

Jenmer Maricela Pinargote-Ortega¹ Marely del Rosario Cruz-Felipe² Gabriel Primitivo Demera-Ureta³
Rubén Darío Escobar-Moreira⁴ Gema Isabel Medranda-Cobeña⁵

Recibido: noviembre de 2018

Aceptado: agosto de 2019

Para citar este artículo: Pinargote-Ortega, J.M.; Cruz-Felipe, M.R.; Demera-Ureta, G.P.; Escobar-Moreira, R.D.; Medranda-Cobeña, G.I. (2019). RFID en el servicio bibliotecario de la UTM. *Revista Científica*, 36(3), 341-355. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.15090>

Resumen

La biblioteca central de la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador) brinda el servicio de préstamos de equipos electrónicos (portátiles y tabletas), en el que se han presentado hurtos de los mismos. En este artículo se expone la integración de RFID a través de una aplicación web. Para ello, se realizó el levantamiento de requerimientos, análisis de sistemas y de tecnologías de identificación, tomando como base el estudio del arte se describió la metodología de desarrollo, lenguajes de programación, herramientas y tecnologías aplicadas en la solución, se diseñó la arquitectura del sistema con alarma visual/sonora, se desarrolló e implantó el sistema integrador y, finalmente, se ejecutaron pruebas de funcionamiento. Como resultado se evidenció que al utilizar tecnología de código de barras y RFID en el servicio bibliotecario existe un mejor control de entrada y salida de los equipos electrónicos,

previniendo de cualquier intento de hurto; a su vez, la comunidad universitaria y general recibe un servicio de calidad y rapidez.

Palabras clave: RFID, biblioteca, aplicación web.

Abstract

The central library of the Technical University of Manabí (UTM), provides the service of loans of electronic equipment (laptops and tablets), in which theft has occurred. This article describes the integration of RFID through a web application. For this, the requirements were raised, systems analysis and identification technologies were analyzed, based on the study of art the development methodology, programming languages, tools and technologies applied in the solution were described, the system architecture was designed With visual / audible alarm, the integrator system was developed and implemented and finally function tests were

1. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. jmpinargote@utm.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-4018-9616>
2. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. mcruz@utm.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0003-1937-1568>
3. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. gdemera@utm.edu.ec
4. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. rubendarioescobarmoreira@gmail.com
5. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. gemaimedranda@gmail.com

executed. As a result, it was evidenced that using barcode and RFID technology in the library service there is a better control of entry and exit of electronic equipment, preventing any attempt of theft, and the university and general community receives a quality service and speed.

Keywords: RFID, library, web application.

Resumo

A biblioteca central da Universidade Técnica de Manabí (UTM), presta o serviço de empréstimos de equipamentos eletrônicos (laptops e tabletas), nos quais ocorreu furto. Este artigo descreve a integração do RFID por meio de um aplicativo da web. Para tanto, foram levantados os requisitos, foram analisadas as tecnologias de análise e identificação de sistemas, com base no estudo da arte a metodologia de desenvolvimento, linguagens de programação, ferramentas e tecnologias aplicadas na solução foram descritas, a arquitetura do sistema foi projetada Com alarme visual / sonoro, o sistema integrador foi desenvolvido e implementado e, finalmente, os testes de função foram executados. Como resultado, evidenciou-se que, utilizando o código de barras e a tecnologia RFID no serviço bibliotecário, há um melhor controle de entrada e saída de equipamentos eletrônicos, impedindo qualquer tentativa de roubo, e a comunidade universitária e geral recebe um atendimento de qualidade e rapidez.

Palavras-chaves: RFID, biblioteca, aplicativo da web.

Introducción

Los sistemas de identificación por radiofrecuencia (Radio Frequency IDentification, en adelante RFID) sirven para transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (Automatic Identification o Identificación Automática) (Mora, 2008; Mejía, 2017).

El RFID es utilizada como parte esencial de los diferentes mecanismos de seguridad dentro de almacenes y bodegas para proteger sus

productos o insumos, así como también permiten la facilidad de paso o ingreso de personas u objetos a través de ciertos lugares tales como peajes, universidades, colegios, empresas privadas o gubernamentales, entre otros. Su uso aumenta la eficiencia y velocidad de los procesos proporcionando información exacta y oportuna (Ramírez y Meléndez, 2014).

Los sistemas RFID se están expandiendo rápidamente con sus aplicaciones en diferentes áreas. Consisten en etiquetas de radiofrecuencia (RF) y lectores de RF en los interrogadores. Estos sistemas se utilizan para aplicaciones que rastrean, monitorean, informan y administran ítems a medida que se mueven entre diferentes ubicaciones físicas. Las etiquetas consisten en circuitos integrados y una antena de RF. Se puede agregar a la etiqueta extensiones como memoria, sensores, cifrado y control de acceso. Los interrogadores consultan las etiquetas de la información almacenada y pueden incluir elementos como números de identificación, datos escritos por el usuario o datos sensoriales (Ahson e Ilyas, 2017; Du, Lim y Tan, 2019).

Los dispositivos RFID son usados desde finales de la década de 1990 en bibliotecas para la gestión del inventario, control de catálogos, seguridad, préstamo y devolución.

En la biblioteca municipal de Meco (España) se ha desarrollado un sistema inteligente guiado para entornos multiusuario extensos, el sistema permite la detección de las personas por el edificio y el guiado personalizado por el mismo gracias a la visualización de la información en pantallas, para evitar el cableado utilizaron un sistema de comunicaciones inalámbrico basado en la tecnología Zigbee (Castaño, Martín, Moreno y Usero, 2013).

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador) se diseñó un prototipo de gestión e inventario para la biblioteca, en el que se aplicó software como symfony, apache, mozilla firefox y hardware como lector y etiquetas RFID (Pazmiño, 2013).

En la Universidad Espíritu Santo (Ecuador) se integró información obtenida por RFID de libros vigentes al sistema de administración bibliotecario a través de una aplicación web de código abierto, con el objetivo que los operadores puedan realizar el proceso de inventario del material bibliográfico de forma eficiente (Álvarez-Intriago, Vega-Argüello y Echeverría-Reyes, 2017).

En la UTM (Ecuador) se ha puesto en funcionamiento un sistema de alerta empleando tecnología RFID, el cual permite la orientación de los estudiantes con discapacidad visual sobre diferentes obstáculos como escaleras, rampas y parqueaderos que se encuentran en el área de circulación peatonal de la Facultad de Ciencias Humanísticas y Sociales (Cruz-Felipe, Pinargote-Ortega, Demera-Ureta, Vera-Zambrano y Mosquera-Alcívar, 2018).

La biblioteca central de la UTM brinda el servicio de préstamos de equipos electrónicos (portátiles y tabletas) para la comunidad universitaria y general con la finalidad de apoyar en las diversas actividades académicas que requieran el uso de tecnología informática. El control de estos préstamos presenta dificultades tales como el hurto de los equipos electrónicos. Con estos antecedentes se analizaron varias tecnologías usadas para llevar un correcto control como lo son: código de barras, códigos QR, ZigBee, NFC, RFID, entre otras.

La tecnología NFC (Near Field Communication) requiere que la distancia entre el lector y la etiqueta sea del orden de mm, en el caso de Zigbee es una tecnología inalámbrica de corto alcance y su tasa de transferencia es muy baja, las cuales no son posibles en este entorno. La tecnología de identificación por código de barras utiliza un lector para leer la etiqueta y la tecnología RFID ejecuta captura de datos de forma inalámbrica con lecturas más rápidas y precisas a mayor alcance; ambas son muy empleadas en el entorno del control de los recursos en una biblioteca. Por tal motivo, esta investigación tiene como propósito poner en marcha una aplicación web con lector

de código de barras para el préstamo del equipo electrónico y tecnología RFID para el control del hurto, que permita al personal bibliotecario llevar una vigilancia más estricta y confiable de los equipos electrónicos, y a la comunidad universitaria y general recibir un excelente servicio

Metodología

Los métodos aplicados en la investigación se detallan a continuación:

Inductivo-deductivo

Este método permitió, partir de la identificación de las dificultades, el estudio y el análisis del lugar de la investigación. Luego, se hizo la captura de requerimientos y se ejecutaron pruebas con el lector de código de barras y tecnología RFID para la implantación de la aplicación web en la biblioteca central de la UTM.

Analítico-sintético

Posibilitó la adquisición de los elementos necesarios para realizar la implantación de la aplicación web con tecnología de identificación. Mediante este método se determinaron los servicios bibliotecarios *a priori* que se necesitan sistematizar; se pudieron identificar el lector de código de barras, así como el lector, las antenas y etiquetas RFID que se requieren implantar en la biblioteca central de la UTM y se desarrolló e instaló el software con éxito.

Histórico-lógico

Permitió comprender las tecnologías de identificación y establecer la necesidad de implantar código de barras y RFID. Con este estudio se sustentó el marco teórico y se comprendieron las características de los componentes RFID: rango de frecuencias, potencia de señal, compatibilidad con estándares, entre otras.

Modelación

Este método permitió modelar el sistema con: lector de código de barras, etiquetas RFID, lector RFID, antenas RFID, alarmas, subsistema de procesamiento de datos o middleware RFID (que proporcionan los medios de proceso y almacenamiento de datos, es decir, es la capa de software que permite interactuar a los equipos RFID por medio de comandos) y una aplicación web desarrollada en PHP con conexión al gestor de base de datos PosgretSQL, misma que permite mediante un navegador ejecutar el préstamo de los equipos electrónicos.

Se aplicaron técnicas como:

Entrevista

Se entrevistó a los administrativos de la biblioteca central de la UTM, mismos que proporcionaron información pertinente a la investigación y describieron los procesos que se llevan en la biblioteca. Se logró determinar los servicios bibliotecarios que se necesitan sistematizar con prioridad como es el préstamo de equipos electrónicos; también se identificó que es necesario controlar las dificultades con el control de los mismos. Esta información sirvió para desarrollar la aplicación con tecnología apropiada.

Análisis de documentos y bibliografías

Se obtuvo el estado actual de las tecnologías a utilizar, se fundamentó científicamente las tecnologías de código de barras y RFID adoptadas, así como: modelo de proceso, lenguajes de programación y herramientas a implementar.

Resultados

El sistema integra metodología de desarrollo, lenguajes de programación, herramientas y tecnologías para el funcionamiento óptimo del servicio bibliotecario en la UTM. A continuación, se detalla:

Metodología de desarrollo

Se consideraron varias metodologías ágiles: eXtreme Programming (XP), desarrollo adaptativo de software (DAS), Scrum, método de desarrollo de sistemas dinámicos (MDS), Cristal, desarrollo impulsado por las características (DIC), desarrollo esbelto de software (DES), modelado ágil (MA) y el proceso unificado ágil (PUA). Se eligió Scrum por adoptar un proceso de desarrollo iterativo e incremental en el desarrollo del software. El ciclo de vida se divide en varias etapas (Pressman, 2010; Sommerville, 2011): Product backlog, ordenado en función de la prioridad, se estableció una estimación en días del desarrollo de los requerimientos y se planearon las fechas de entrega de cada sprint. En el primer sprint se definió la arquitectura con la que funcionaría el sistema, en el segundo sprint se especificó las funcionalidades del sistema: acceso al sistema, préstamos y entrega de equipos electrónicos, administración de préstamos y de alarma, registro y administración de equipos electrónicos, consulta de información de usuario, consulta de historial de préstamos de usuario, monitoreo RFID y alarmas, reportes, entre otras.

Una vez realizada la planificación se comenzó con la ejecución de las tareas descritas en cada sprint. Se realizaron las reuniones correspondientes en las cuales se concretaron las actividades que se elaborarían para solventar los requerimientos involucrados en cada iteración. También se hicieron las respectivas pruebas de aceptación.

Lenguaje de programación y herramientas

Se seleccionó:

- Shardevelop: por utilizar los frameworks de Java, Microsoft y otros, lo que permite aplicar múltiples lenguajes de programación de código abierto.
- PHP: para generar contenido dinámico en la World Wide Web y por ser lenguaje libre (Arias, 2017; Mejía, 2017).

- Framework codeigniter: por facilitar el desarrollo, implantando la separación de capas (Granados, 2015).
- Arquitectura modelo-vista-controlador (MVC): con la que se definieron los componentes para la representación de la información y de la interacción del usuario (Hsien-Yu y Nai-Jian, 2019).
- Motor de base de datos PostgreSQL: por utilizar un modelo cliente/servidor y usar multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando (Zea-Ordóñez, Molina-Ríos y Redrován-Castillo, 2017).
- Servidor CentOS 7: para configurar y administrar el sistema (Pinchon, 2016).

Tecnologías

Se empleó identificación por código de barras con codificación EAN-13 (Hernández y Martínez, 2004) el mismo que puede contener datos de un único código sin posibilidad de información adicional y realizar la localización de un tipo de producto (Campo, 2016); y para el escaneo el lector SG10T se usó equipo plug-and-play que se conecta mediante interfaz USB o emulación de teclado. No es viable emplear solo esta tecnología ya que no se podría controlar el hurto de los equipos electrónicos.

Posteriormente, se investigó sobre la tecnología RFID, en la cual las etiquetas pueden almacenar información adicional sobre el equipo electrónico como su ubicación y uso, pueden soportar condiciones como suciedad, movimiento o temperatura (Gopalakrishnan y Haleem, 2015). Además, las antenas permiten recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor/receptor RFID (Ahson e Ilyas, 2017). Percibiendo que con esta tecnología se puede localizar de forma ágil el equipo electrónico.

Después de evaluar costos y hechas las pruebas respectivas, se optó por adquirir el lector IF2 de

Intermec, con intervalos de frecuencia de 902-928 MHz, la cual trabaja en temperatura de -20 hasta 50 °C, tiene una potencia de señal de lectura configurable de hasta 30 decibeles y es compatible con los estándares de etiquetas ISO 18000-6B, ISO 18000-6C, EPC global UHF Class 1 Gen 2 y brinda soporte para el desarrollo de software a través de las EPC global LLRP, Intermec Advanced RFID Extensions (ARX), Intermec Basic Reader Interface (BRI), Intermec Developer Library (IDL) resource y KITFOR BRI (Java, C#.NET).

El lector IF2 tiene cuatro puertos para las antenas respectivas y un puerto GPIO (entradas y salidas de propósito general) para trabajar con módulos externos que agregan funcionalidad a los sistemas de monitoreo basados en esta tecnología como: sensores, juego de luces, entre otros.

Este lector trabaja con cuatro antenas de polarización circular S9028PCL S9028PCR, las cuales operan en el intervalo de 902 y 928 MHz, la temperatura de trabajo es de -25 hasta los 70 °C, con una potencia de señal hasta 20 decibeles, suficiente para la detección de etiquetas en los rangos analizados.

Para etiquetar los equipos se eligió una etiqueta de marca Alien, cuyo nombre comercial es Higgs™-3, con una especificación técnica de EPC Class 1 Gen 2 RFID etiqueta IC, que reúne los estándares de EPC global Gen2 (V 1.2.0), así como también la norma ISO/IEC 18000-6C. Opera con la banda global de identificación con ultra alta frecuencia RFID UHF (860-960 MHz); tiene 800 bits memoria no volátil, 96 bits EPC, extensible a 480 bits, 512 bits para el usuario, 64 bits de identificación única y 64 bits para clave. Su código dado en fábrica es único e inalterable.

Se emplea un código de barras para el préstamo del equipo electrónico, este código de barras es escaneado por un lector SG10T, obteniendo también la ventaja de leer los códigos de las cédulas de identidad del usuario y el código de inventario que se maneja en la UTM. Lo anterior permite que el préstamo se registre simplemente escaneando estos elementos.

Arquitectura del sistema

Las etiquetas RFID, que contienen los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherido, generan una señal de radiofrecuencia con dichos datos. Esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y pasarla en formato digital a la aplicación específica que utiliza RFID.

Para facilitar la tarea de préstamo de los equipos electrónicos, estos tienen un código de barras el cual será leído por un lector de código de barras con conexión USB el cual no necesita controladores o configuraciones especiales, ya que está basado en la tecnología Plug And Play. Toda la información necesaria está alojada en un servidor de base de datos.

Para el control antihurto se ha considerado el monitoreo de los equipos electrónicos utilizando RFID para lo cual se ha equipado los equipos electrónicos con dos etiquetas RFID.

Las etiquetas RFID son de ultra alta frecuencia (UHF), tipo pasivas y trabajan en el rango de los

902-928 Mhz, su función es la de almacenar un código de identificación único asociado al equipo, de esta forma, cuando estas son detectadas se puede determinar a qué equipo electrónico corresponden.

La detección de etiquetas la realizan las antenas, las cuales emiten una señal de radiofrecuencia del rango de los 902 y 928 Mhz, pudiendo tener un alcance de varios metros sin obstáculos. Las etiquetas de los equipos electrónicos reciben esta señal de radiofrecuencia y la utilizan para responder, emitiendo su propia señal de radiofrecuencia la cual es capturada por la misma antena RFID.

En total se utilizan cuatro antenas, que se colocan en el área de la puerta, con el fin de detectar los intentos de fuga de algún equipo electrónico etiquetado con etiquetas RFID.

Las antenas se conectan a un lector RFID el cual es un equipo electrónico que ordena a las antenas realizar alguna operación de lectura y también se encarga de interpretar las lecturas recolectadas; además, posee opciones de configuración como dirección IP, puerto de red, potencia de la señal, entre otras (figura 1).

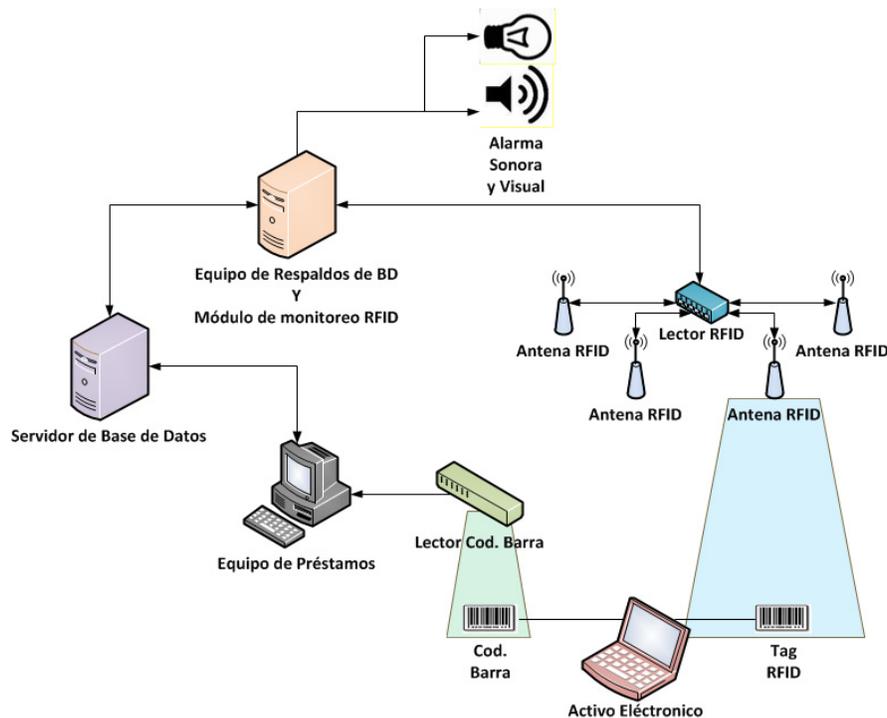


Figura 1. Arquitectura del sistema.

Sistema implementado

El sistema puesto en funcionamiento cuenta con una aplicación web desarrollada en PHP, utilizando el framework de desarrollo codeigniter, el cual permite trabajar con una estructura modelo-vista-controlador flexible; es decir, la escritura de código puede desarrollarse omitiendo algún elemento modelo-vista-controlador o respetando todos los elementos de esta arquitectura.

La aplicación web gestiona la información en el motor de base de datos PostgreSQL, adicionalmente se tiene acceso a la información del Sistema de Gestión Académica (SGA) de la UTM. Esto permite centralizar la información y anular la redundancia, esta información es respaldada diariamente en tres sitios distintos para una mayor seguridad en caso de algún imprevisto.

La aplicación desarrollada se aloja en un servidor CentOS 7, dentro de un nodo creado en el servidor Blade que gestiona la dirección de TICS de la UTM.

La aplicación web permite registrar préstamos de equipos electrónicos y monitorear las alertas en caso de posibles hurtos de los equipos marcados con etiquetas RFID, para realizar esta última parte, se ha desarrollado un hilo de monitoreo en Sharedevelop, que escucha constantemente las lecturas del lector RFID y registra en la base de datos cualquier señal sospechosa.

Este hilo se aloja en un servidor con el sistema operativo de Microsoft Windows. Si la señal detectada corresponde a un equipo protegido esta misma aplicación acciona una alarma sonora/visual por medio de un circuito conectado al puerto COM del equipo donde se está ejecutando.

Cabe recalcar que toda la información relacionada con los préstamos, utilizando el sistema de código de barras, y el monitoreo antihurto, utilizando tecnología RFID, puede ser administrado por el usuario a través de la aplicación instalada en los equipos de recepción.

En su primera versión, el software se desarrolló como una aplicación que se instalaba en los

equipos clientes, que se encargarían del préstamo de equipos.

Posteriormente, para centralizar la información, mejorar la accesibilidad y optimizar el flujo de atención, se migró el sistema a una plataforma web, la cual se aloja en los servidores que administra la dirección de TIC de la UTM.

Las funcionalidades principales de la aplicación web se detallan a continuación:

Acceso al sistema

El acceso se realiza especificando el usuario, clave y rol correspondiente al sistema SGA (figura 2).

Ventana principal

Una vez ingresado al sistema, se muestra las funcionalidades de acuerdo con el rol definido de cada usuario (figura 3).

Registro de préstamos

Para registrar el préstamo se busca el usuario por cédula y el equipo electrónico por código de barras; posteriormente, se selecciona el tipo de usuario y el equipo en préstamo (figura 4).

Administración de préstamos

Se detalla los préstamos activos y las características. Para localizar un préstamo se puede indicar o escanear la cédula del usuario o el código de barras del equipo. En esta ventana podemos seleccionar el préstamo a finalizar, mediante el botón respectivo (figura 5).

Entrega de préstamos

Para la finalización del préstamo se busca y selecciona el préstamo en la ventana de administración de préstamos; en la ventana de finalización que se abre se escribe si hubo alguna incidencia y algún comentario si es necesario, después se finaliza (figura 6).

BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UTM

Ingrese con sus credenciales del SGA

Usuario

Clave

Rol
Seleccione ▼

Acceder

Figura 2. Acceso al sistema.

BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UTM

Inicio Prestamos Datos CAMPUS PORTOVIEJO SALIR

AVISOS

Recuerde que todas sus acciones en el sistema son registradas con fines de auditorias.

BIENVENID@ RUBEN DARIO ESCOBAR MOREIRA, USTED HA INGRESADO COMO PERSONAL DE BIBLIOTECA.

Figura 3. Ventana principal.

BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UTM

Inicio Prestamos Datos CAMPUS PORTOVIEJO SALIR

REGISTRAR PRESTAMO

Buscar Usuario: CEDULA Seleccionar Usuario: Seleccionar ▼

Buscar Equipo: CODIGO BARRA-INVENTARIO Seleccionar Equipo: Seleccionar ▼

Comentario: ESTE COMENTARIO SE GUARDARA EN EL HISTORIAL ASUMIENDO QUE NO CORRESPONDE A NINGUNA FALTA

PRESTAR

INFORMACION DE CONTACTO

Figura 4. Ventana de registro de préstamos.



Usuario	Cedula	Equipo	Codigo	Campus	Iniciado
ESPINOZA GUILLEN BORYS LEONARDO	1314847888	BIBLIOUTMPC-0058 - LAPTOP LENOVO L430	0709010015812	PORTOVIEJO (MATRIZ)	2018-01-19 10:48:02

Figura 5. Ventana de administración de préstamos.



Figura 6. Ventana de finalización de préstamos.

Reportes

Se genera los reportes en formato pdf o Excel seleccionando el tipo de reporte y las fechas (figura 7).

Administración de información de equipos

Se puede administrar la información de los equipos electrónicos: identificador, tipo, código, tag RFID y ubicación (figura 8).

Registro y edición de equipos

Los equipos electrónicos se registran para su identificación con: nombre del equipo, código de inventario, código de barras y tag RFID, entre otros (figura 9).

Consulta de información de usuario

La información del usuario que se muestra es consultada sea por cédula o apellido o nombres (figura 10).

Consulta de historial de préstamos de usuario

Se muestran los datos del prestamista y los préstamos realizados indicando fecha de inicio y final, así como la persona responsable del préstamo (figura 11).

Administración de alarmas

Se muestra el equipo, código de barras, código de inventario, préstamo, fecha y hora de activación de alarma (figura 12).

Figura 7. Ventana de finalización de préstamos.

Identificador	Tipo	Codigo	Tag RFID	Ubicacion
11368867	LAPTOP ACER ASPIRE E11 ESI-131-C7AZ	Cod. Barra 11368867 Cod. UTM 11368867	2A2A2A5A30303030333430	PORTOVIEJO (MATRIZ)
11368868	LAPTOP ACER ASPIRE E11 ESI-131-C7AZ	Cod. Barra 11368868 Cod. UTM 11368868	2A2A2A5A30303030323132	PORTOVIEJO (MATRIZ)

Figura 8. Ventana de administración de información de equipos.

Figura 9. Ventana de registro y edición de equipos.

Usuario	Cedula	Matricula	Contactos	Historial
ESCOBAR MOREIRA RUBEN DARIO	1312293879	NINGUNA	0989395062 - rescobar@utm.edu.ec - rescobar3879@utm.edu.ec	

Showing 1 to 1 of 1 entries

BIENVENID@ RUBEN DARIO ESCOBAR MOREIRA, USTED HA INGRESADO COMO PERSONAL DE BIBLIOTECA.

Figura 10. Ventana de consulta de información de usuario.

BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UTM

Inicio Prestamos ▾ Datos ▾ SALIR

ALARMAS 📄

Show entries Search:

#	Equipo	Cod.Barra	Cod.Inventario	Prestamo	Alarma
1	BIBLIOUTMPC-0099	0709010019940	0709010019940	🔍	2018-01-17 11:47:36 ⚡
2	BIBLIOUTMPC-0099	0709010019940	0709010019940	🔍	2018-01-17 11:47:33 ⚡
3	BIBLIOUTMPC-0099	0709010019940	0709010019940	🔍	2018-01-17 11:47:22 ⚡
4	11369027	11369027	11369027	🔍	2018-01-17 11:43:17 ⚡
5	11369027	11369027	11369027	🔍	2018-01-17 11:43:16 ⚡
6	11368972	11368972	11368972	🔍	2017-10-13 16:28:46 ⚡
7	11368871	11368871	11368871	🔍	2017-10-12 09:25:47 ⚡

Figura 12. Ventana de administración de alarmas.

SISCON-AE Hilos RFID

```

19/01/2018:10:46:10 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:10 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7185
19/01/2018:10:46:10 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:10 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7186
19/01/2018:10:46:11 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:11 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7187
19/01/2018:10:46:11 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:11 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7188
19/01/2018:10:46:12 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:12 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7189
19/01/2018:10:46:12 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:12 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7190
19/01/2018:10:46:13 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:13 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7191
19/01/2018:10:46:13 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:13 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7192
19/01/2018:10:46:14 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:14 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7193
19/01/2018:10:46:14 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:14 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7194
19/01/2018:10:46:15 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:15 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7195
19/01/2018:10:46:15 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:15 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7196
19/01/2018:10:46:16 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:16 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7197
19/01/2018:10:46:16 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:16 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7198
19/01/2018:10:46:17 - Ejecutando hilo 192.168.8.13
19/01/2018:10:46:17 - No se leyeron tags en 192.168.8.13 en intento 7199
19/01/2018:10:46:17 - Ejecutando hilo 192.168.8.13

```

Figura 13. Hilo de monitoreo RFID y alarma.

Hilo de monitoreo RFID y alarma

Se muestra la ejecución del hilo mediante IP mientras monitoreando las etiquetas; la IP que se observa corresponde al equipo RFID (figura 13).

Modelo de base de datos

La base de datos (figura 14) almacena información de los préstamos realizados, el historial de incidencias, los equipos utilizados, la marca, modelos y tipo de los equipos, las lecturas detectadas y los lectores RFID utilizados, así como la auditoría de las acciones del usuario y las variables de sesiones activas.

Toda la información adicional que requiere para operar se extrae de la base de datos: SGA, SMNA y de autenticación de usuarios, lo cual evita una gran redundancia de información.

Además, cuenta con 13 vistas para facilitar la asociación de cierta información de tablas relacionadas y posee dos funciones de conexión DBLINK para interactuar con las otras bases de datos externas.

Conclusiones

Se diseñó un sistema para el préstamo de equipos electrónicos con código de barras y para el control del hurto se instaló equipos RFID, los cuales se encuentran ubicados a cuatro metros de la puerta de entrada de la biblioteca central de la UTM. Las antenas RFID permitirán la detección de salida de algún equipo electrónico a través de las etiquetas RFID incorporada en los mismos, haciendo que se active el circuito de alarma tanto visual como sonora, lo que pondrá en alerta al personal bibliotecario para que pueda actuar de manera prudente ante un posible hurto de algún equipo.

La implantación del sistema con tecnología RFID en la biblioteca central de la UTM fue acertada, sustituyendo sin problemas al sistema de escritorio, agilizando el préstamo de los equipos electrónicos y proporcionando un mejor control frente al hurto. Todo esto hace de este servicio eficaz para aliviar la carga de trabajo de los bibliotecarios, incentivar a la comunidad universitaria y, en general, en incrementar la investigación y sumar al proceso de evaluación, acreditación y categorización de la UTM.



Figura 14. Modelo de base de datos.

Referencias

- Ahson, S.; Ilyas, M. (2017). *RFID Handbook: Applications, Technology, Security, and Privacy*. <https://doi.org/10.1201/9781420055009>
- Alvarez-Intriago, V.; Vega-Arguello, I.; Echeverría-Reyes, J. (2017). Incidencia de Tecnología RFID en Gestión Bibliotecaria en una IES de Guayaquil. *Investigation*, 9, 51-66. <https://doi.org/10.1201/9781420055009>
- Arias, M. (2017). *Aprende Programación Web con PHP y MySQL*. España: IT Campus Academy.
- Campo, A. (2016). *UF0035-Operaciones de caja en la venta*. España: Paraninfo, S.A.
- Castaño, B.; Martín, Y.; Moreno, M. D.; Usero, L. (2013). Sistema inteligente de detección y orientación de usuarios en bibliotecas. *Revista Española de Documentación Científica*, 36(1), 1-9. <https://doi.org/10.3989/redc.2013.1.916>
- Cruz-Felipe, M. D. R.; Pinargote-Ortega, J. M.; Demera-Ureta, G. P.; Vera-Zambrano, E. M.; Mosquera-Alcívar, R. A. (2018). Sistema de alerta para estudiantes con discapacidad visual en la UTM. *Revista Científica*, 1(31), 85-95. <https://doi.org/10.14483/23448350.12464>
- Du, Y.; Lim, Y.; Tan, Y. (2019). Activity recognition using RFID phase profiling in smart library. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E102D(4), 768-776. <https://doi.org/10.1587/transinf.2018DAP0010>
- Gopalakrishnan, P.; Haleem, A. (2015). *Handbook Of Materials Management*. Delhi: PHI Learning.
- Granados, R. (2015). *Desarrollo de aplicaciones web en el entorno servidor*. IFCD0210. IC Editorial.
- Hernández, L.; Martínez, A. (2004). Codificación de información mediante códigos de Barras. *Bol. Soc. Esp. Mat. Apl.*, 27, 29-48.
- Hsien-Yu, L.; Nai-Jian, W. (2019). Cloud-based enterprise resource planning with elastic model-view-controller architecture for Internet realization. *Computer Standards and Interfaces*. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.11.005>
- Mejía, J. (2017). *Mercadotecnia digital: una descripción de las herramientas que apoyan la planeación estratégica de toda innovación de campaña web*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- Mora, L. A. (2008). *Gestión de logística integral*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Pazmiño, J. (2013). *Análisis de la tecnología RFID para proponer un sistema de gestión e inventario para la biblioteca central de la ESPOCH* (tesis de pregrado en Ingeniería Electrónica). <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2909>.
- Pinchon, P. (2016). *Linux. Administración avanzada. Mantenimiento y explotación de los servidores*. España: Ediciones ENI.
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería de software. Un enfoque práctico*. México D. F.: Mc Graw Hill.
- Ramírez, E.; Meléndez, F. (2014). Sistemas RFID aplicados al control de grandes inventarios. *Universidad Antonio Nariño-Revista Facultades de Ingeniería*, 4(8), 55-68.
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering*. EE. UU.: Pearson.
- Zea-Ordóñez, M. P.; Molina-Ríos, J. R.; Redrován-Castillo, F. F. (2017). *Administración de bases de datos con postgresql*. <https://doi.org/10.17993/ingytec.2017.18>





Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control

Remote Laboratory System for practices of Control Engineering

Sistema de Laboratórios Remotos para a prática de Engenharia de Controle

Omar Mar-Cornelio¹ Iván Santana-Ching² Jorge González-Gulín³

Recibido: noviembre de 2018

Aceptado: agosto de 2019

Para citar este artículo: Mar-Conelio, O.; Santana-Ching, I.; González-Gulín, J. (2019). Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control. *Revista Científica*, 36(3), 356-366. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14893>

Resumen

En Cuba la formación de especialistas en automática se realiza mediante la carrera de Ingeniería en Automática, la cual tiene dentro de sus disciplinas fundamentales la de Sistemas de Control. Para el desarrollo de prácticas de laboratorios, los estudiantes trabajan en dispositivos físicos o remotos, presencial o a distancia, mediante Sistemas de Laboratorios Remoto (SLR). Sin embargo, las soluciones actuales no poseen soporte o son propietarias imposibilitando su implementación para el desarrollo de prácticas de Ingeniería de Control en el sistema educacional cubano. La presente investigación describe una solución al problema planteado a partir del desarrollo de un SLR que permite el desarrollo de prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control. El sistema propuesto pone en funcionamiento la identificación de sistemas, sintonía de controladores y la ejecución de prácticas en dispositivos reales. Permite, además, un conjunto de reportes sobre los fenómenos analizados en cada práctica. Se aplicó una encuesta para medir el nivel de satisfacción de los

usuarios respecto a la propuesta desarrollada mediante la técnica *ladov*, obteniéndose un alto nivel de satisfacción.

Palabras clave: ingeniería de control, prácticas de laboratorios, laboratorios remotos.

Abstract

For the development of laboratory practices, students work in physical devices or remotely, in person or remotely using Remote Laboratory Systems (SLR). However, current solutions do not have support or are proprietary, making it impossible to implement them for the development of Control Engineering practices in the Cuban Educational System. The present investigation describes a solution to the problematic one raised from the development of a System of Remote Laboratories that allows the development of practices of laboratories of Control Engineering. The proposed system allows the identification of systems, tuning of controllers and the execution of practices in real devices. It also allows a set of reports on the phenomena analyzed in each

¹. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba. omarmar@uci.cu. <http://orcid.org/0000-0002-0689-6341>

². Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba. ching@uclv.cu

³. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba. gulinj@uci.cu

practice. A survey is applied to measure the level of satisfaction of the users with respect to the proposal developed through the ladov technique, obtaining a high level of satisfaction.

Keywords: control engineering, laboratory practices, remote laboratories.

Resumo

Em Cuba a formação de especialistas em automação é feita através da carreira de Engenharia de Automação que possui em suas disciplinas fundamentais, a disciplina Sistemas de Controle. Para o desenvolvimento de práticas laboratoriais, os alunos trabalham em dispositivos físicos ou remotamente, pessoalmente ou remotamente, utilizando o Remote Laboratory Systems (SLR). No entanto, as soluções atuais não têm suporte ou são proprietárias, impossibilitando sua implementação para o desenvolvimento de práticas de Engenharia de Controle no Sistema Educacional Cubano. A presente investigação descreve uma solução para a problemática levantada a partir do desenvolvimento de um SLR que permite o desenvolvimento de práticas de laboratórios de Engenharia de Controle. O sistema proposto implementa a identificação de sistemas, o ajuste de controladores e a execução de práticas em dispositivos reais. Também permite um conjunto de relatórios sobre os fenômenos analisados em cada prática. Uma pesquisa é aplicada para medir o nível de satisfação dos usuários em relação à proposta desenvolvida a través da técnica de ladov, obtendo um alto nível de satisfação.

Palavras-chaves: engenharia de controle, práticas laboratoriais, laboratórios remotos.

Introducción

A partir del desarrollo tecnológico alcanzado por la sociedad, el ser humano comenzó a mecanizar los procesos industriales con el objetivo de simplificar el trabajo que realizaba. Para ello, se elaboraron ingeniosos instrumentos y máquinas que se utilizaron como herramientas en los procesos industriales.

Sin lugar a duda, la mecanización representó un paso importante como parte del desarrollo

tecnológico, pero aumentar la productividad impuso nuevos retos. A partir del desarrollo energético y la motorización de los procesos mecánicos surgen los sistemas industriales, permitiéndose la elaboración con mayor eficiencia de producciones en serie.

Los sistemas industriales, para sus operaciones, requerían mantener o estabilizar determinados parámetros en su funcionamiento, dando inicio a los sistemas de control. Los sistemas de control permiten la operación de procesos de forma automática sustituyendo los mecanismos humanos de medición y actuación.

La automatización rápidamente fue introducida en los procesos fundamentales que acompañaban al hombre. La nueva ciencia comenzó a desarrollarse para asumir las demandas de los diferentes procesos industriales que requerían modernos métodos de control.

La formación de profesionales para asumir las demandas de automatización representaba una tarea importante a cometer en el nuevo contexto tecnológico. En Cuba desde la década de 1960 con la llegada de especialistas checoslovacos se comienzan a impartir cursos relacionados con el control automático. Así mismo, en 1963 se crea en La Habana la Escuela de Automatización Industrial y a finales de esa década pasan estos cursos a ser impartidos también en la Universidad de Oriente (UO) y la Universidad Central Marta Abreu de las Villas (UCLV).

En la década de 1980 evoluciona hacia la Ingeniería en Automática pasando por transformaciones de los planes de estudios hasta la actualidad que es impartida en la UO, en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, actualmente Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE) y en la UCLV. La carrera de Ingeniería en Automática define como objeto de la profesión los sistemas de control, constituidos por el proceso a controlar, los medios técnicos necesarios para realizar la medición, la supervisión y el control en su esfera de actuación (Mes, 2017; Valencia, 2016).

Dentro de las disciplinas fundamentales de la carrera de Ingeniería en Automática para respaldar el objeto de la profesión se encuentra la de sistemas de control. Esta se compone por un grupo de asignaturas que conforman el currículo base como son: Modelado y simulación, Maquinaria eléctrica, Ingeniería de control I, Ingeniería de control II, Procesos, Control de procesos I y Accionamiento eléctrico.

Para aplicar los contenidos de la asignatura Ingeniería de control II, la misma cuenta con prácticas de laboratorios como tipología de clases. En ellos los estudiantes expresan los conocimientos adquiridos en laboratorios equipados en correspondencia con el perfil que se requiera (Saenz *et al.*, 2015; Samuelsen y Graven, 2016). En este contexto el usuario puede realizar las prácticas en laboratorios físicos, con equipos afines a la materia recibida. Sin embargo, la solución antes expuesta representa una variante altamente costosa para ser puesta en funcionamiento.

Una alternativa al problema planteado consistiría en realizar prácticas a distancias. Para ello los estudiantes acceden a equipamientos físicos centralizados de manera remota con el empleo de laboratorios.

Un sistema de laboratorios remoto (SLR) o a distancia representa la forma de operar y controlar de manera remota sistemas reales mediante una interfaz de experimentación que se ejecuta en un ordenador conectado a una red. Esto se conoce como tele laboratorio, laboratorio remoto o tele operación a través de la web (Garay, 2015; Salas y Cerrón, 2014; Sancristobal *et al.*, 2014).

A partir del estudio de la literatura científica sobre los SLR para las prácticas de Ingeniería de control, se pudo evidenciar que las soluciones existentes en su mayoría no poseen soporte técnico o representa productos propietarios por lo que deben ser paga sus licencias para el uso y no pueden ser adecuadas a las necesidades de las instituciones cubanas. Sobre los elementos antes expuestos, se propone como objetivo de la presente investigación poner en marcha un SLR para las prácticas de Ingeniería de control.

Materiales y métodos

En la presente sesión se describen las características del SLR para las prácticas de Ingeniería de control. Se representa la arquitectura del sistema, los requerimientos de hardware y los principales elementos que facilitan la comprensión de la propuesta.

Características del SLR

Los SLR son laboratorios convencionales de equipos generalmente sofisticados o exclusivos que, por medio de interfaces web, permiten la manipulación del equipo de forma remota. Este tipo de acceso facilita compartir los recursos entre varias instituciones; de esta forma, la inversión para equipamiento puede compartirse entre varias instituciones y el número de usuarios especializados se incrementa, aumentando así los beneficios académicos (Cáceres y Amaya, 2016; Jin-Hsien y Jongyun, 2007; Santana *et al.*, 2013).

Diversas han sido las investigaciones realizadas sobre los laboratorios remotos para la enseñanza de la Ingeniería de control (Aguilar y Heredia, 2013; Buitrago-Molina *et al.*, 2014; Mar *et al.*, 2016; Rubio *et al.*, 2016; Sartorius *et al.*, 2005). En las mismas se pudo constatar que cada sistema posee una arquitectura y flujo de trabajo definido en dependencia del fenómeno que se modela. Para el contexto de la presente investigación se asume la arquitectura propuesta por Ching. La figura 1 muestra la arquitectura implementada (Santana, 2012).

Descripción de los componentes de la arquitectura

En el sistema propuesto son los estudiantes (clientes web) los usuarios finales que realizan las prácticas de laboratorios de Control automático, los cuales acceden al servidor de aplicaciones mediante una conexión a la red universitaria o internet.

El servidor de aplicaciones web es el encargado de la comunicación entre los clientes web y las

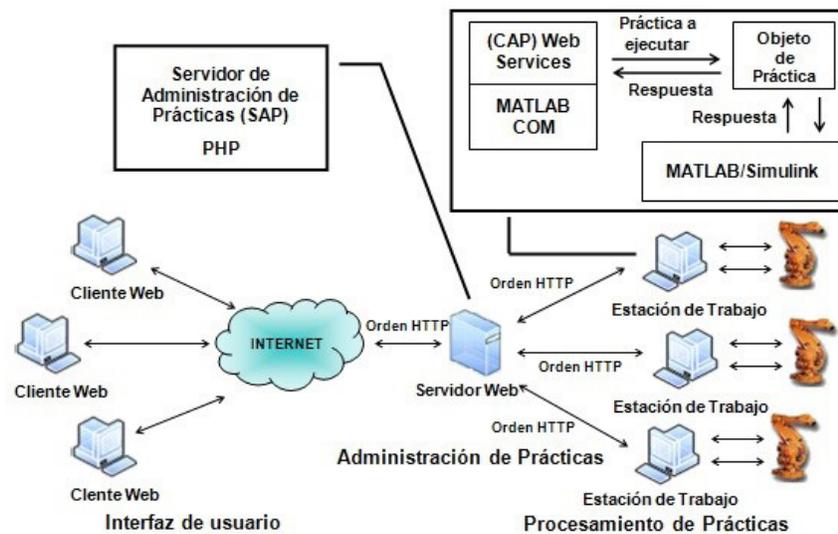


Figura 1. Arquitectura implementada en el SLR.

estaciones de trabajo, desde este se realiza la administración de las prácticas.

El servidor de administración de prácticas permite el intercambio de información mediante servicios web con las estaciones de trabajo.

Las estaciones de trabajo se conectan físicamente con las plantas que funcionarían como maqueta en el sistema. Las estaciones poseen una cámara acoplada para observar al instante el funcionamiento de sus dispositivos.

Requisitos de hardware para la implementación del SLR

Como requerimientos de hardware para garantizar el correcto funcionamiento del sistema se necesitan para las estaciones clientes del sistema una tarjeta de red de 10 Mb o superior y estar conectadas a la LAN universitaria, una memoria operativa de 256 Mb o superior, un procesador de 1 Ghz o superior. Por su parte, como requisitos mínimos el servidor debe tener un microprocesador Pentium IV, una memoria operativa de 2.0 Gb, una capacidad de almacenamiento de disco de 80 Gb y una tarjeta de red de 100 Mb.

Para la implementación de las prácticas remotas se diseñó una maqueta que gestiona el control del

proceso mediante una tarjeta microcontroladora Arduino (Badamasi, 2014) como plataforma de desarrollo *open hardware* (Matijevic y Cvjetkovic, 2016; Murthy *et al.*, 2014), tal como muestra la figura 2.



Figura 2. Maqueta para el desarrollo de prácticas de laboratorio de un sistema térmico a escala.

La maqueta representa un proceso térmico a escala, está compuesta por una armadura de polietileno en la que se estudia el comportamiento de la variable temperatura. Posee un elemento resistor en su interior encargado de disipar energía térmica la cual es re-circulada mediante un sistema de ventilación interna. Utiliza un sensor de temperatura LM35 y una tarjeta microcontroladora Arduino con una interfaz Ethernet para garantizar la comunicación con el SLR. La tarjeta microcontroladora posee la programación del controlador PID que recibe sus parámetros de ajuste del SLR y devuelve el comportamiento del proceso.

Resultados y discusión

El SLR está orientado a soportar la gestión sobre las prácticas de laboratorios de Ingeniería de control. Está compuesto por tres funcionalidades básicas: identificación de sistema, sintonía de controladores y ejecución de prácticas en dispositivos físicos.

El flujo de trabajo permite el desarrollo de las prácticas de laboratorios a partir de una secuencia de actividades. La figura 3 muestra el flujo de trabajo para el componente.

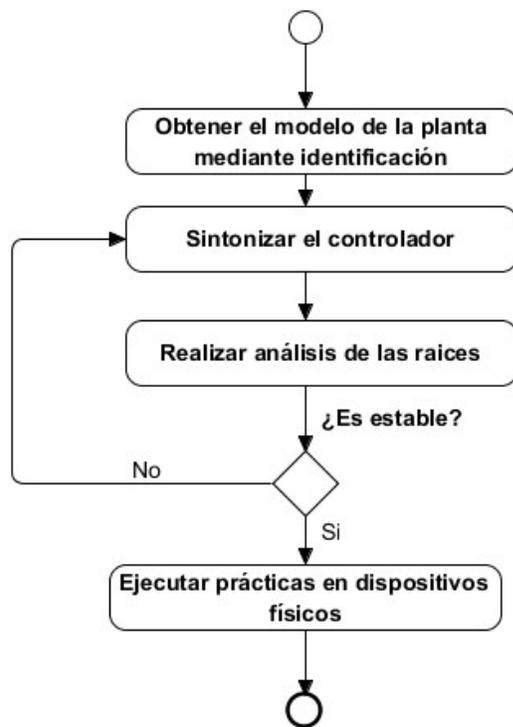


Figura 3. Flujo de trabajo para el componente Ingeniería de control.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las actividades propuestas.

La identificación del sistema: permite la realización de prácticas de identificación del sistema a controlarse realizando una aproximación mediante un sistema de *primer orden con retardo de transporte* (PORT); posteriormente, se realiza la sintonía del controlador y se obtiene el modelo de la planta y el controlador antes de ejecutarse en los sistemas físicos, tal como muestra la figura 4.

La actividad *identificar el sistema* consiste en modelar la dinámica del sistema mediante la aplicación de estímulos en su entrada. Entre estos métodos se encuentra la aproximación de la respuesta del sistema cuando se aplica un estímulo de tipo escalón. La aproximación da como resultado un sistema de PORT.

El sistema PORT es caracterizado por tres parámetros: ganancia (K), constante de tiempo (τ) y tiempo de retardo (Td). Para el contexto de la presente investigación se propone la modelación mediante un sistema PORT tal como establece la ecuación 1.

$$G(s) = \frac{K e^{-tds}}{\tau s + 1} \quad (1)$$

La actividad consiste en aplicar un escalón y a partir de la curva de reacción del sistema, obtener la ganancia (K), constante de tiempo (τ) y tiempo de retardo (Td) que modelan un sistema PORT.

Para el proceso de identificación del sistema el estudiante debe seleccionar un escalón que será aplicado a la planta para obtener la curva de reacción. A partir de la curva de reacción el estudiante debe ser capaz de obtener los valores (k), (τ), (Td). En la actividad el estudiante obtuvo como resultado la aproximación del modelo de la planta identificada mediante PORT en dominio continuo.

La sintonía de controladores permite una vez realizada la identificación de la planta elegir la técnica para la sintonía del controlador. Primero se comienza aplicando alguna técnica empírica de parámetros del controlador como las reglas de Ziegler-Nichols. Posteriormente, se realiza una sintonización fina para mejorar sus prestaciones.

Para la sintonía del controlador es importante conocer las reglas del diseño, por ejemplo:

- Si se desea un error en estado estable igual a cero, regla que introduce el componente integrador.
- Si el tiempo de establecimiento debe ser el menor posible, regla que introduce el componente derivativo.



Figura 4. Interfaz en la que se ejecuta una práctica de Ingeniería de identificación y ajuste de controladores.

A partir de las reglas del diseño se decide si el controlador es P, PI o PID para que el tipo del sistema sea uno. Por Ziegler-Nichols los parámetros del controlador se calculan tal como expresa la tabla 1.

Tabla 1. Valores de los parámetros del controlador.

	K_p	τ_i	τ_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Fuente: Ziegler y Nichols (1942).

Para obtener L y T se traza una recta tangente al punto de inflexión de la respuesta, la intersección con el eje del tiempo y con el valor final de la amplitud forman las distancias L y T.

Con L y T se obtienen los parámetros del controlador PID obteniendo el modelo del controlador tal como muestra la ecuación 2 en dominio continuo.

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \quad (2)$$

La figura 6 muestra un formulario en el cual los estudiantes, a partir de la aplicación del método de diseño, introducen los parámetros de sintonía del controlador a utilizar en la práctica real.

Una vez obtenidos los parámetros de sintonía del controlador se realizan análisis de estabilidad. El análisis de estabilidad permite identificar el mal funcionamiento en las estaciones disponibles para el SLR (Arántegui, 2011).

El autor puso en funcionamiento un algoritmo para realizar el análisis de estabilidad a partir del análisis del lugar geométrico de las raíces utilizando funciones de Matlab. La figura 6 describe el algoritmo propuesto.

A continuación, Se describe el flujo de actividades para realizar el análisis de estabilidad:

- Obtener el modelo de la planta: a partir del proceso de identificación de la planta se obtuvo un modelo aproximado del proceso en

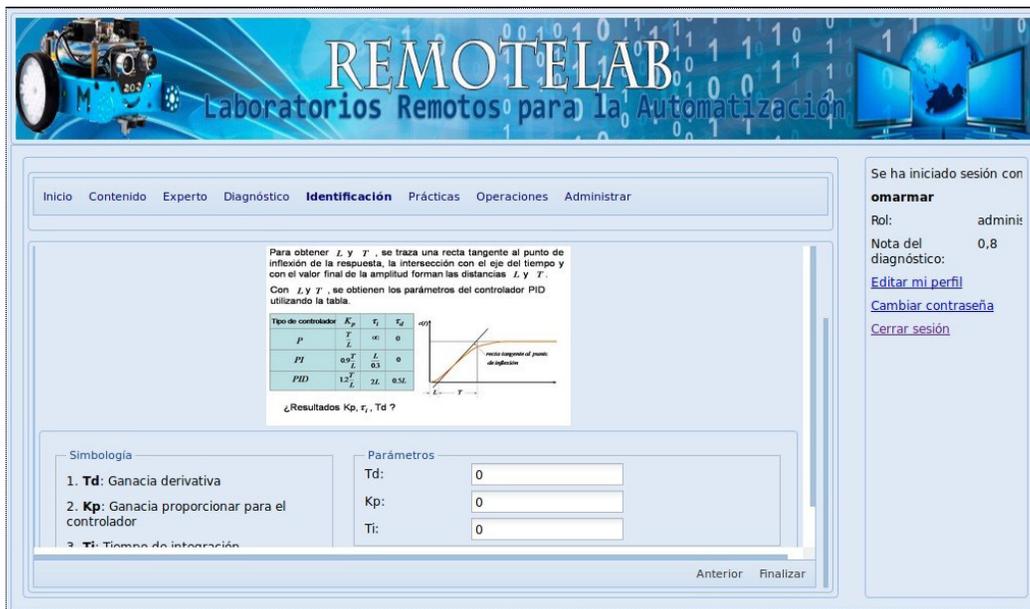


Figura 5. Interfaz en la que se realiza la sintonía del controlador.

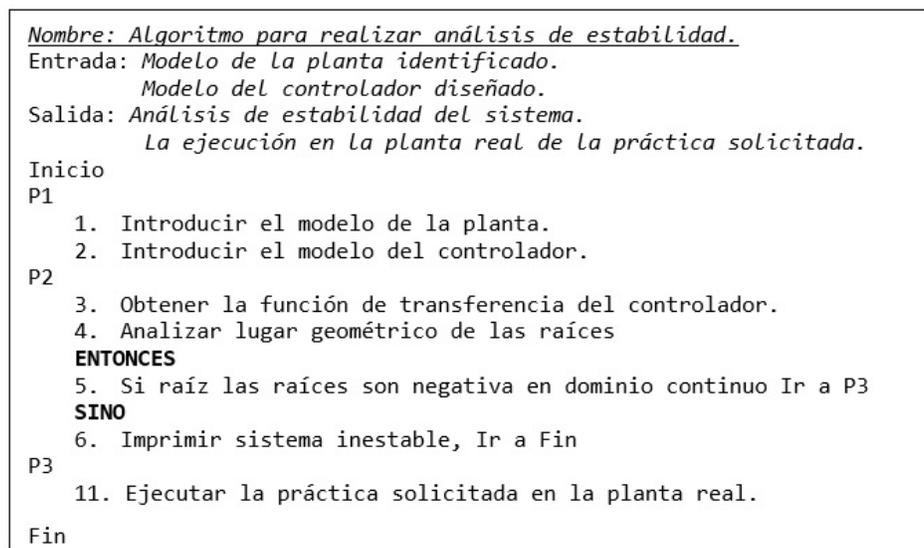


Figura 6. Algoritmo para realizar análisis de estabilidad.

- la actividad anterior y es tomado como dato de entrada para el análisis de estabilidad del sistema.
- Obtener el modelo del controlador: a partir del proceso de sintonía del controlador se obtuvo el modelo del controlador que representa una entrada para el análisis de estabilidad del sistema.
 - Análisis de las raíces: un sistema es estable si responde con una variación finita a variaciones finitas de sus señales de entrada. Si se considera un sistema lineal e invariante en el tiempo, la inestabilidad del sistema supondrá una respuesta que aumenta o disminuye de forma exponencial, o una oscilación cuya amplitud aumenta exponencialmente (Ogata,

2010). Para el análisis de estabilidad se aplicó el lugar geométrico de las raíces (LGR) y se utilizó una instancia de Matlab en función de obtener el resultado (Mar *et al.*, 2017; González, 2013).

- Ejecución de las prácticas reales: permite a partir de la sintonía de los parámetros del controlador ejecutar la práctica en el dispositivo físico. Para ello se determina la estabilidad del controlador propuesto previamente. La figura 8 muestra una vista para introducir los parámetros sintonizados del controlador. El sistema devuelve la respuesta del comportamiento de la acción de control sobre el proceso.

Implementación de la técnica ladov para medir la satisfacción de los usuarios

En investigaciones en las que el resultado final impacta sobre un conjunto de personas, la valoración para medir la satisfacción del usuario final representa una vía para validar empíricamente la propuesta presentada. La técnica ladov constituye una forma de medir el grado de satisfacción (Kuzmina, 1970).

La técnica se basa en la aplicación de una encuesta compuesta por preguntas cerradas y abiertas (Castillo y Ginoris, 2005). Las tres preguntas

cerradas establecen una relación en el cuadro lógico de ladov (López y González, 2002), indicando la escala de satisfacción individual de cada encuestado; mientras que las preguntas abiertas permiten profundizar en los elementos positivos y las recomendaciones o insuficiencias de la propuesta que se evalúa.

Para la implementación de la técnica se aplicó un cuestionario a un grupo de estudiantes después de interactuar con la herramienta SLR donde realizaron prácticas de identificación de sistemas, sintonía de controladores y, por último, ejecución de prácticas en dispositivos físicos. El objetivo del instrumento realizado estuvo en función de validar la satisfacción de los estudiantes como usuarios finales.

La muestra utilizada para el desarrollo de la actividad estuvo compuesta por 28 estudiantes de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Los estudiantes representan el 73,68 % de la matrícula de cuarto año que recibe la asignatura Ingeniería de control II. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Satisfacción del usuario: si el colectivo de estudiantes considera que la herramienta SLR implementada apoya las prácticas de laboratorios de Ingeniería de control II.

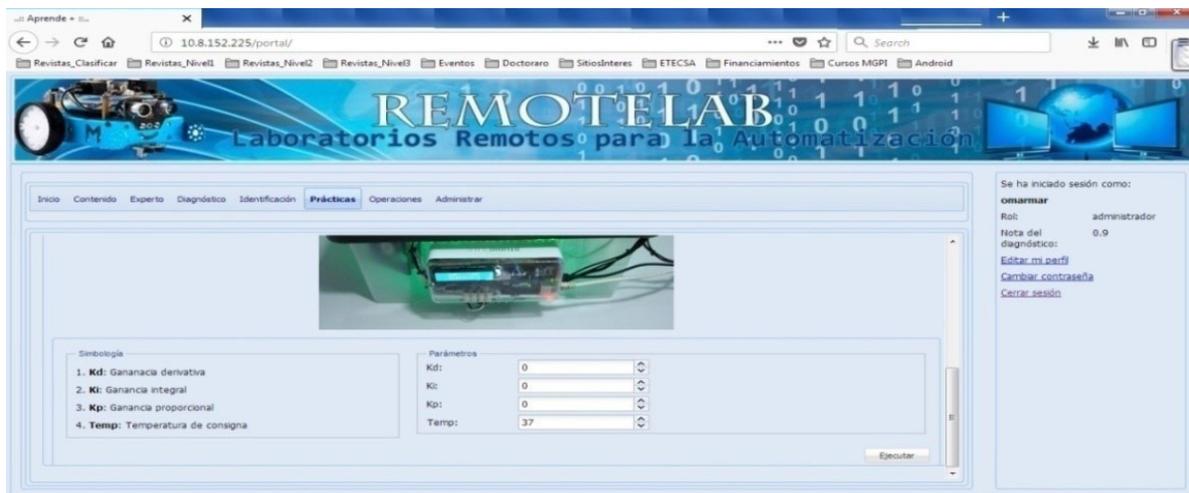


Figura 7. Interfaz en la que se ejecuta una práctica de laboratorio en el dispositivo físico.

- Aplicabilidad de la herramienta: si el colectivo de estudiantes considera que la concepción de la herramienta es aplicable en el Sistema Educativo Cubano y representa una forma novedosa de aplicar los contenidos recibidos.
- Utilidad de la herramienta: si el colectivo de estudiantes considera que la herramienta aplica un método de inferencia para el control de acceso de las prácticas de laboratorio de Ingeniería de control II que contribuye a la auto preparación de los estudiantes para enfrentar el desarrollo exitoso de las mismas.

A partir de la aplicación de la técnica se obtiene como resultado el índice de satisfacción grupal (ISG), que representa un parámetro atribuido a la concordancia del grupo de usuarios a los que se les aplicó el instrumento. El ISG se determina mediante la ecuación 3.

$$ISG = \frac{A(+1) + B(0.5) + C(0) - D(0.5) + E(-1)}{N} \quad (3)$$

Donde: **A** representa el número de sujetos con índice individual 1. **B** representa el número de usuarios con índice individual 2. **C** representa el número de usuarios con índice individual (3 o 6). **D** representa el número de usuarios con índice individual 4. **E** representa el número de usuarios con índice individual 5. **N**: representa el número total de usuarios del grupo.

El ISG arroja valores comprendidos entre +1 y -1 tal como se muestra en la figura 9 (López y González, 2002). Los valores comprendidos entre -1 y -0,5 indican insatisfacción, los valores comprendidos entre -0,49 y 0,49 evidencian contradicciones por lo que se expresa como insatisfacción y los valores comprendidos entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción.

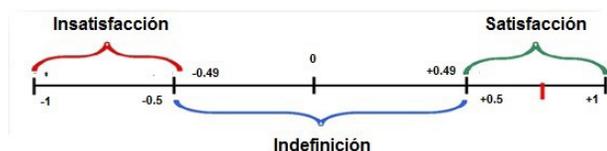


Figura 8. Índice de satisfacción.

En el proceso realizado se obtuvo un $ISG = 0,892$, por lo que se considera que existe alta satisfacción. A partir de obtener un ISG satisfactorio, se realiza el siguiente análisis:

- El criterio de los encuestados respecto a la pregunta “¿cuál es su criterio sobre la SLR?”, se obtuvo una máxima satisfacción de 85,71 % y el 7,14 % lo consideró más satisfecho que insatisfecho y el 7,14 % lo consideró no definido.
- Respecto a la pregunta “¿considera usted oportuno que un SLR tenga incorporado un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de las habilidades?”, se obtuvo una máxima satisfacción de 85,71 % y el 7,14 % lo consideró más satisfecho que insatisfecho; solo el 7,14 % lo consideró no definido.
- En cuanto a si la pregunta “¿utilizaría usted la herramienta propuesta?”, el 85,71 % se considera con la máxima satisfacción y el 14,28 % se califica más satisfecho que insatisfecho.

Conclusiones

La utilización del SLR en la enseñanza de la Ingeniería de control para el desarrollo de prácticas de laboratorios de forma remota permitió que los estudiantes experimentaran sobre los contenidos teóricos recibidos en clases en dispositivos físicos.

A partir de la utilización del SLR se logró que los estudiantes realizaran prácticas de laboratorios sin estar acotado al tiempo de experimentación destinado en las clases presenciales.

Con la aplicación de la técnica ladov se midió el nivel de satisfacción de los usuarios mediante encuesta realizada a estudiantes del curso 2018-2019, obteniéndose alta satisfacción por los usuarios sobre la propuesta de SLR.

Referencias

Aguilar, I.; Heredia, J. A. (2013). Simuladores y laboratorios virtuales para ingeniería en

- computación. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10.
- Arántegui, J. (2011). *Control de procesos*. <http://cort.as/-QLzq>
- Badamasi, Y. A. (2014). The working principle of an arduino. *Electronics, Computer And Computation (Icceco), 11th International Conference*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICECCO.2014.6997578>
- Buitrago-Molina, J. T.; Carvajal-Guerrero, J. S.; Zapata-Castillo, C. (2014). Plataforma virtual para el mando local y remoto de un brazo robótico de apoyo para la educación en ingeniería. *Tecno Lógicas*, 17, 67-74. <https://doi.org/10.22430/22565337.206>
- Cáceres, C. A.; Amaya, D. (2016). Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC. *Entre Ciencia E Ingeniería*, 10, 9-15.
- Castillo, J.; Ginoris, O. (2005). *Formación y desarrollo de los intereses profesionales pedagógicos en los estudiantes de primer año de la licenciatura en educación como inductores del aprendizaje autodidacto*. Instituto Superior Pedagógico Juan Marinello.
- Garay, M. (2015). Interfaces inteligentes en el aprendizaje de la modelación. *Ingeniería Industrial*, 36(2), 187-201.
- González, J. (2013). Propuesta de algoritmo de clasificación genética. *Revista Cubana de Ingeniería*, 4(2), 37-42.
- Jin-Hsien, W.; Jongyun, H. (2007). An approach to computing with words based on canonical characteristic values of linguistic labels fuzzy systems. *Ieee Transactions On*, 15(4), 593-604. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2006.889844>
- Kuzmina, N. (1970). *Metódicas investigativas de la actividad pedagógica*. Moscú, Rusia: Editorial Leningrado.
- López, A.; González, V. (2002). La técnica de ladov una aplicación para el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de educación física. *Revista Digital-Buenos Aires*, 8(47).
- Mar, O.; Gulín, J.; Santana, I.; Rozhnova, L. (2016). Sistema de laboratorios a distancia para la práctica de control automático. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(4), 171-183.
- Mar, O.; Santana, I.; González, J.; Rozhnova, L. (2017). Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map. *Investigación Operacional*, 38(2), 170-178.
- Matijevic, M.; Cvjetkovic, V. (2016). Overview of architectures with arduino boards as building blocks for data acquisition and control systems. *13th International Conference On Remote Engineering And Virtual Instrumentation (Rev)*, 56-63. <https://doi.org/10.1109/REV.2016.7444440>
- Hernández, L. (2017). *Ingeniería en Automática realizó la defensa del Plan de Estudios E*. <https://www.uclv.edu.cu/ingenieria-automatiza-realizo-la-defensa-del-plan-estudios-e/>
- Murthy, A.; Rao, N.; Ranganahalli, Y.; Shandilya, S.; Badarmanahalli, R. (2014). Design and construction of arduino-hacked variable gating distortion pedal. *Ieee Access*, 2, 1409-1417. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2014.2374195>
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*. Minnesota, EE. UU.: Editorial Engineering/ Computer Science.
- Rubio, E.; Santana, I.; Esparza, V; Rohten, J. (2016). Remote Laboratories For Control Education: Experience At The Universidad Del Bío-Bío. *Ieee International Conference On Automatica (Ica-Acca)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICA-ACCA.2016.7778444>
- Saenz, J.; Chacón, J.; de la Torre, L.; Visioli, A.; Dormido, S. (2015). Open and low-cost virtual and remote labs on control engineering. *Ieee Access*, 3, 805-814. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2442613>
- Salas, M.; Cerón, C. (2014). Sistema web para evaluar las competencias mediante pruebas objetivas en educación superior. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12.

- Samuelsen, D. A. H.; Graven, O. H. (2016). Remote laboratories in engineering education - an overview of implementation and feasibility. *Laccei International Multi-Conference For Engineering, Education And Technology*. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.050>
- Sancristobal-Ruiz, E.; Pesquera, A.; et al. (2014). Virtual and remote industrial laboratory: integration in learning management systems. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(4), 45-58.
- Santana, I. (2012). *Herramientas para la docencia en automática orientadas hacia la metodología* (tesis doctoral). Departamento de Automática, Ingeniería Electrónica e Informática Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid.
- Santana, I.; Ferre, M.; Izaguirre, E.; Aracil, R.; Hernández, L. (2013). Remote laboratories for education and research purposes in automatic control systems industrial informatics. *IEEE Transactions On*, 9(1), 547-556. <https://doi.org/10.1109/TII.2011.2182518>
- Sartorius C. A. R.; Hernández, L. S.; Aracil, R. (2005). Laboratorio a distancia para la prueba y evaluación de controladores a través de internet. *Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira De Automatica*, 16, 84-92. <https://doi.org/10.1590/S0103-17592005000100010>
- Valencia, A. (2016). El futuro de la ingeniería. *Revista Facultad de Ingeniería*, 19, 85-92.
- Ziegler, J. G.; Nichols, N. B. (1942). Optimum settings for automatic controllers. *Americana de Ingenieros Mecánicos (Asmet) Transactions*, 64(11), 1-10.





Microenseñanza en el laboratorio de ciencias para el alumnado del grado de educación infantil

Micro-teaching in the science laboratory for degree's students early childhood education

Microensino no laboratório de ciências para alunos do ensino infantil

Carles Dulsat-Ortiz¹

Recibido: abril de 2019

Aceptado: junio de 2019

Para citar este artículo: Dulsat-Ortiz, C. (2019). Microenseñanza en el laboratorio de ciencias para el alumnado del grado de educación infantil. *Revista Científica*, 36(3), 367-380. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.14769>

Resumen

Esta investigación pretende acercarse al aprendizaje desde los pilares de Delors en un espacio tan específico como el laboratorio de ciencias, así como a la aplicación del concepto de la transposición didáctica de Chevallard. Para ello, se acerca a la utilización de la metodología activa: microenseñanza. El planteamiento de esta microdocencia se orienta a introducir los conocimientos científicos y mostrarlos mediante experimentos al resto del grupo clase. Por ello, la finalidad de esta investigación radicó en describir desde el punto de vista del alumnado las vivencias de esta metodología las ventajas que supone esta al ser más participativa. La manera como se hizo la recolección y posterior análisis de la información siguió una metodología no experimental solo pos-pos-prueba con grupo no equivalente y único, siendo la población invitada el alumnado de segundo A del grado de educación infantil en la Universidade da Coruña. Entre los resultados, destacamos el elevado grado de aceptación de la metodología y cómo esta ha conseguido

umentar el grado de aceptación inicial hacia las ciencias naturales. Entre las conclusiones, cabe destacar que la metodología resultó acertada en su aplicación porque así lo mostraron las alumnas en sus respuestas, así como también por el aumento en el acercamiento a las ciencias y adquisición de los distintos saberes.

Palabras clave: estudios universitarios, experimentos, innovación pedagógica, método activo.

Abstract

This research aims to approach learning from the pillars of Delors in a space as specific as the science laboratory as well as the application of the concept of Chevallard's didactic transposition. For this, it approaches the use of the active methodology: micro-education. The approach of this microteaching is oriented to introduce scientific knowledge and show them through experiments to the rest of the class group. Therefore, the purpose of this research is to describe from the point of view of students the experiences of this methodology and

¹. Universidade da Coruña, España. carles.dulsat.ortiz@udc.es

the advantages of this more participatory methodology. The method used for the collection and subsequent analysis of the information followed a non-experimental only post-test methodology with a non-equivalent and unique group, being the invited population the students of second A of the degree of infantile education in the Coruña University. Among the results, we highlight the high degree of acceptance of the methodology and how it has managed to increase the degree of initial acceptance towards the natural sciences. Among the conclusions, it should be noted that the methodology was successful in its application because students showed it in their answers, also because of the increase in the approach to science and acquisition of different knowledge.

Keywords: activity method, educational innovation, experiment undergraduate, study.

Resumo

Esta pesquisa visa abordar a aprendizagem a partir dos pilares de Delors em um espaço tão específico quanto o laboratório de ciências, bem como a aplicação do conceito de transposição didática de Chevallard. Para isso, aborda o uso da metodologia ativa: micro-educação. A abordagem desta microdocência é orientada para introduzir o conhecimento científico e mostrá-los através de experimentos para o resto do grupo de classes. Portanto, o objetivo desta pesquisa é descrever, do ponto de vista dos alunos, as experiências dessa metodologia e as vantagens dessa metodologia mais participativa. O método utilizado para a coleta e posterior análise das informações seguiu uma metodologia não experimental somente pós-teste com um grupo não equivalente e único, sendo a população convidada os estudantes do segundo A do grau de educação infantil na Universidade de Coruña. Entre os resultados, destacamos o alto grau de aceitação da metodologia e como ela conseguiu aumentar o grau de aceitação inicial em relação às ciências naturais. Entre as conclusões, destaca-se que a metodologia foi bem sucedida na sua aplicação, pois os alunos a mostraram em suas respostas, inclusive em função do aumento da abordagem da ciência e da aquisição de diferentes conhecimentos.

Palavras-chaves: inovação pedagógica, superior primeiro grau, método activo, experiência.

Introducción

Esta investigación nació de la inquietud de aproximar la enseñanza de las ciencias de la naturaleza al alumnado del grado de educación infantil. La experiencia docente realizada con anterioridad, mediante metodología magistral en el laboratorio, se percibía como monótona, que no conseguía acercar el mundo y los conceptos de ciencias al alumnado. Se indagó en metodologías más participativas que dejaran atrás las sesiones de laboratorio repetitivas en las cuales se seguían unas pautas marcadas por parte del docente. Por lo tanto, se plantea un problema abierto que se inicia desde la práctica y la reflexión docente. Con esto, se busca generar un conocimiento del uso de metodologías más participativas para el alumnado.

Así pues, desde la experiencia docente, crece la inquietud e interés por la mejora del aprendizaje del alumnado, cambiando la metodología de la propia práctica en el laboratorio. De esta manera, se pretende aproximar el acto educativo hacia una fuente de creciente interés hacia los contenidos teóricos mediante la búsqueda de información, la manipulación y la experimentación. Todo esto parte del interés personal del alumnado hacia conceptos y ámbitos específicos de las ciencias de la naturaleza.

El problema planteado se inicia en una realidad percibida en las sesiones prácticas con el alumnado del grado de educación infantil en la materia de *Enseñanza de las Ciencias de la naturaleza*. Esta percepción requiere de un cambio en la metodología usada para su enseñanza. De ahí la realización de un estudio dirigido a solucionar las reticencias y resistencias iniciales del alumnado por las ciencias experimentales mediante el trabajo autónomo conducente hacia una mayor comprensión del conocimiento y conceptos científicos, concebido como premisa para que los docentes en su desempeño profesional puedan transmitirlos al alumnado de educación infantil. A su vez, constituye un intento por salir de la reproducción en el aula y fomentar el aprendizaje desde el interés por la ciencia del propio alumnado.

La microenseñanza (Allen y Gross, 1965; Allen, 1966; Allen y Clarck, 1967) es la metodología escogida en este estudio. Esto se debe a que esta simula las condiciones del aula donde se practican algunas habilidades y competencias para el futuro profesional en un periodo corto de tiempo. Se inició en la Universidad de Stanford y pronto tuvo una gran repercusión y amplia aceptación en un elevado número de países, independiente de las características del sistema educativo. Además de las mejoras en las habilidades docentes (Peleberg, 1970), cabe destacar las opciones dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje para la consecución de las competencias docentes. Este autor anunció su carácter innovador y su práctica en contextos cerrados controlados, laboratorios de investigación adaptados a las necesidades de esta metodología.

Así, en España llegó en el curso de los años 1969-1970, siendo 1969 cuando se iniciaron las primeras experiencias desde la Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación (Ortuño, 1972; Casado, 2015); aunque existe cierta disputa por el primer Instituto de Ciencias de la Educación que inició la metodología para la preparación de los futuros docentes. Ortuño (1972) sitúa este inicio en el ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona, mientras que Casado (2015) lo hace en el ICE de la Universidad de Santiago de Compostela.

Para la metodología de la microenseñanza, existe un método, así como recomendaciones de empleo. Se suele encomendar no más de 15 minutos, donde se practica un concepto atendiendo a las competencias docentes de forma muy específica y concreta. De esta manera, se desgrana el proceso de enseñanza y aprendizaje controladamente en componentes específicos: de la transmisión de conocimientos y de la actuación como profesional de la educación con lo que esta última implica sean saberes, actitudes y procederes en el aula. Esta metodología presenta dos características: las sesiones son grabadas y la retroalimentación que permiten estas grabaciones. Estas dos características consiguen que el alumno reflexione acerca de

su acción docente, al posicionarlo delante de un grupo reducido y realizar un esfuerzo en la transmisión de conceptos complejos; sin olvidar el guía a sus compañeros durante la realización de los experimentos propuestos (Sabelli, Orniqye y Giovannini, 2014).

Al presentar el problema partimos desde el interés personal del alumnado por los temas relacionados con las ciencias de la naturaleza y por sus conocimientos iniciales que contribuyen a la construcción de nuevos conceptos, asentando mejor aquellos que inicialmente presentaban (Ausubel *et al.*, 1983). Dichos conocimientos deben considerarse el aprender a conocer, el aprender a hacer, el aprender a convivir y el aprender a ser (Delors, 1996); todos ellos válidos para el desarrollo de las personas a lo largo de la vida. Este desarrollo se encuentra recogido en la *Nueva Agenda de las Capacidades para Europa* (Bachmann y Holdsworth, 2016), en la que se defiende la adquisición de un amplio abanico de competencias claves, las cuales son las que orientan hacia el aprendizaje a lo largo de la vida, y las que dan paso a una serie de competencias específicas, según el campo profesional en el que se desarrollan las personas.

En el ámbito de la educación, y durante la formación inicial de las futuras maestras, las competencias específicas que se pretenden conseguir en los egresados de los grados de educación infantil durante sus años de formación se recogen en la Orden ECI/3854/2007 y se perciben los saberes de Delors (1996). La mayoría de las investigaciones centradas en la microenseñanza se orientan a la formación inicial de futuros maestros y profesores en algún momento de sus etapas formativas (Villar, 1982; Cooper, 1989; Watson, 2007). Esta formación inicial del profesorado se encamina hacia la búsqueda de una formación global del alumnado, en la cual los conocimientos son un elemento más de esta formación, pero no el único. Son formaciones desde las que la práctica en las aulas se considera parte de esta etapa educativa, y mediante las cuales se integran los saberes de Delors (1996).

En este sentido, el estudio de Alonso, Martini y Ormaechea (2003) adquiere relevancia al presentar la metodología de la microenseñanza como un punto de unión entre la teoría dada en el aula y las prácticas externas que se realizan durante los años de formación inicial desde las facultades de Ciencias de la Educación en instituciones externas con las que se tienden lazos de colaboración. Estos autores encuentran en la microenseñanza el elemento que en las aulas contribuyen a superar los primeros obstáculos que el alumnado se encontraría en los *centros de prácticum*. Contribuyendo a la aportación de estos autores, se incide en la propuesta de Chevallard (1991): la *transposición didáctica*. En este concepto “el paso del saber sabio al saber enseñado” (p. 15), es lo que se persigue en las prácticas de laboratorio y cómo, además de los conceptos científicos, el alumnado debe ser capaz de adaptar el lenguaje para ser entendido durante la explicación a la vez que debe ser capaz de mostrar aspectos propios de su futura función docente. Todo esto debe conseguirse sin perder el vocabulario científico.

A este concepto teórico se debe añadir la propuesta de Chi y Roscoe (2002), al pedir que las compañeras anticipen los resultados apareciendo las *ideas previas* que estas tienen. Estos autores formulan la teoría en la cual las ideas previas son mecanismos cognitivos mediante los cuales consiguen interpretar, entender y explicar la realidad; en cierta manera, un modo de acercarse a ella. Estos autores proponen una metodología que permite superar y ajustar la explicación inicial, consiguiendo definir la realidad, porque las explicaciones que se dan se acercan cada vez más a ella.

Además de las disciplinas orientadas a la formación de futuros docentes, cabe considerar aquel uso de la metodología de la microenseñanza para la mejora de la función docente, para que los profesores y maestros en activo puedan perfeccionar su quehacer en el aula (Guillermo, 1997). Con esto se incide en la capacitación, la mejora de habilidades docentes y en la contribución a la adquisición de distintas técnicas desde la reflexión y la retroalimentación que permite esta metodología.

La reflexión es el elemento que el autor determina como relevante en la formación de habilidades del profesorado en activo, ya que la cotidianidad de la función docente no prioriza la reflexión personal sobre la práctica realizada en el aula.

Otro campo pertinente en el uso de este tipo de metodología para la formación de futuros profesionales se da en las Ciencias de Actividades Físicas. En este ámbito, se encuentran un primer agrupamiento de investigaciones orientadas a la adquisición de competencias para los futuros profesionales (Fernández, 2015); y, un segundo grupo, aquellas que realizan una revisión de las distintas metodologías de aula que maestros y profesores de las distintas etapas educativas pueden aprovechar para la mejora del aprendizaje de su alumnado (Carrera, 2015; Zapatero, 2017). En este último caso, la contrastación y la comparación que realizan los autores de los distintos tipos de metodologías tratan de los beneficios que estas aportan al aprendizaje y cómo la microenseñanza desde la práctica y desde la vivencia de las actividades realizadas contribuyen al aprendizaje de aspectos concretos y específicos de los planes curriculares.

Dentro del ámbito universitario también se utiliza la microenseñanza para la formación de los futuros profesionales. Algunos ejemplos son: Logopedia y Psicología (Hernández-Jorge y de la Rosa, 2018) para las mejoras comunicativas; las Ciencias Biológicas (Pastorino, Correa y Raffaini, 2016; Torres, 2017) o la formación de futuros médicos (Motta-Ramírez y Hernández-Molina, 2016). En todas ellas, tratan de simular situaciones del futuro profesional para acercar al alumnado a aquello que se podrán encontrar en escenarios reales. En el caso de las Ciencias Biológicas, se trata de la formación de los futuros profesores de Biología para secundaria y cómo mejorar las capacidades propias de esa dedicación. Estas mejoras de las capacidades propias de la profesión son las que estudian los autores desde el campo de la medicina y cómo la microenseñanza constituye la metodología mediante la cual se consigue mejorar en esas capacidades y habilidades para los futuros cirujanos del

ejército desde situaciones simuladas, y facilitando la reflexión posterior.

Desde la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza para las futuras maestras de educación infantil, esta metodología de la microenseñanza permite contribuir a su alfabetización científica para ser capaces de transmitir la cultura científica a sus futuros alumnos. Esta también los acerca a la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad-ambiente, cada vez más en boga en el mundo de la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza y Experimentales (García Ruiz y Castro, 2005; Fernandes, Pires y Villamañán, 2014; Amaro *et al.*, 2015; Fernández y Bravo, 2015; Quijano, 2016; Fernandes, Pires y Delgado-Iglesias, 2016). Esta perspectiva presenta un enfoque más global al enseñar las ciencias en la etapa de la educación infantil y se consigue: aprender ciencias, aprender acerca de las ciencias y hacer ciencia. Se busca la relación existente entre el concepto científico que hay detrás de cada experimento propuesto por el alumnado y su vinculación con la tecnología; así como la repercusión en la sociedad, donde se da ese concepto científico y cómo contribuye en nuestro día a día, especialmente en el medioambiente.

Esta microdocencia está orientada a introducirse en los saberes científicos y su demostración y explicación al resto de la clase mediante experimentos. De ahí que la finalidad de esta investigación sea ahondar en el uso de la microenseñanza como metodología adecuada para la enseñanza de los contenidos de las Ciencias de la Naturaleza. Esta se orienta hacia la formulación de los siguientes objetivos: primero, analizar la metodología de la microenseñanza como facilitador en la adquisición de saberes relacionados con la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza; y, segundo, correlacionar variables mediante las cuales poder orientar futuros estudios en la misma dirección.

Metodología

Para resolver los objetivos planteados, la investigación se sitúa bajo una perspectiva empírico-analítica

de corte cuantitativo. Con una metodología no experimental con un diseño de grupo único no equivalente con tratamiento de medidas solo posprueba; siendo los métodos usados el descriptivo y el correlacional tanto para describir el cambio de metodología como para acercarse a una mejor explicación de las relaciones entre las distintas variables (Latorre *et al.*, 2005). Este tipo de metodología de investigación en educación presenta el inconveniente de tener un bajo grado de validez en los resultados. Por el contrario, permite conseguir datos pertinentes que orienten a futuros estudios, así como averiguar acerca de la viabilidad en la implantación de la metodología de la microenseñanza en el laboratorio de ciencias.

La muestra es toda la población de alumnas del grupo A de segundo del grado educación infantil en la *Universidad da Coruña*. El total de individuos de la población es de 65 alumnas, de las cuales conforman la muestra productora de datos 61. La mortandad es debida a la aplicación de la posprueba únicamente a aquellas alumnas que participan en las prácticas. Así, se excluyó a dos alumnas que optaron por la modalidad no presencial y a dos alumnas que no asistieron a ninguna de las sesiones durante el curso. Es, por lo tanto, un grupo constituido y natural, de elección no al azar, en el que no se pretende modificar sino observar aquello acaecido en el pasado.

Se ha construido un instrumento *ad-hoc* para el estudio realizado. Es un cuestionario mixto con preguntas de respuestas abiertas de poca extensión, y respuestas cerradas siguiendo una escala estimativa gráfica con distintos grados según el ítem. Son un total de 13 ítems que responden toda la muestra. Este cuestionario está separado en tres partes. Una primera compuesta de cinco ítems referentes a cuestiones psicosociales; una segunda parte, relativa a los aprendizajes con cuatro ítems; y, los últimos cuatro ítems, para la última parte que da respuesta a las consideraciones del alumnado relativas a las sesiones prácticas en el laboratorio, así como del lugar donde se realizó la experiencia

con la metodología de la microenseñanza. Se mide la fiabilidad del instrumento con el coeficiente de la alfa de Cronbach. Se obtiene un resultado de 0.836 suficiente para considerar aceptable y poder tomar decisiones (Rincón *et al.*, 1995).

El análisis de los datos cuantitativos obtenidos con este instrumento se realizó usando el programa SPSS-22. El proceso seguido para el análisis se inició en las pruebas de frecuencia y de descripción para cada una de las variables, continuó con la correlación de Pearson por pares de ítems, y terminó con el contraste de hipótesis para aquellos pares de variables con correlación significativa. Para los datos cualitativos, se usó el programa N-Vivo 10. En este caso, se ha utilizado la técnica de la relación para las respuestas cualitativas con la conformación de clústeres y agrupación de respuestas según similitud de estas con el coeficiente de Pearson.

Resultados

Aspectos psicosociales

En este campo dentro del cuestionario se pregunta al alumnado acerca de su titulación previa, la edad, si son repetidoras de la materia, el grupo interactivo al cual pertenecen y qué dedicación a los estudios tienen.

La edad del alumnado se encuentra en el intervalo de 19 a 30 años, siendo la media 21,62 y una moda 19. A partir de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, rechazamos la hipótesis nula de la distribución normal de esta al mostrar una significación asintótica con un nivel de significancia del 0,05. De esta manera, se usa la prueba no paramétrica de Wilcoxon conservando la hipótesis nula de la mediana de la edad igual a 21 años.

Para la titulación previa, el 50,8 % del alumnado proviene de bachillerato mientras que un 41 % son alumnas de ciclo formativo de educación infantil. El resto del porcentaje corresponde a: 3,3 % a otros ciclos formativos y 4,9 % a

otros estudios universitarios. Los grupos interactivos son tres con la siguiente relación de porcentajes: 39,3 % para el interactivo 1; 24,6 % para el interactivo 2; y 36,1 % para el interactivo 3. Para la dedicación a los estudios se ha agrupado en aquellos que únicamente estudian, de aquellos que tienen algún tipo de trabajo. En todo caso, ninguna de las alumnas tiene un trabajo a tiempo completo. Los porcentajes para estos dos grupos son 73,8 % de dedicación exclusiva a los estudios y 26,2 % del alumnado con algún tipo de trabajo. Una alumna repite la materia del total de 61 que conforma la muestra.

En el contraste de hipótesis se usa la prueba binomial para una muestra para las variables “dedicación a los estudios” y “repetición de la materia”. En el resto de las variables, utilizamos la prueba Chi-cuadrado. Se asume la hipótesis nula de igualdad de probabilidades en las respuestas dadas para el ítem de grupos interactivos. Para el resto, no se asume la igualdad de probabilidades entre grupos.

Aprendizaje

En este apartado se pregunta acerca del grado de acercamiento a los conceptos científicos como grupo tutor (ítem 6), al grado de acercamiento a los conceptos científicos como grupo participante (ítem 7), grado de aceptación de las ciencias antes de empezar el curso (ítem 8), y cómo ha mejorado el grado de aceptación a las ciencias al final de las prácticas (ítem 9). Véanse los porcentajes en la tabla 1 para los tres primeros ítems. Las respuestas presentan los siguientes grados: total, mucho, bastante, poco y nada; excepto el último ítem, cómo ha mejorado el grado de aceptación a las ciencias al final de las prácticas, que sigue los siguientes grados: ha mejorado, sigue igual y ha empeorado.

En los ítems de acercamiento a los conceptos científicos, únicamente se dan respuestas en los grados medio-alto, consiguiendo mayor adquisición de los conceptos cuando se está como grupo

participante. El acercamiento a los conceptos científicos como grupo tutor (encargado de preparar y exponer los experimentos al resto de la clase) presenta igualdad de probabilidades entre los grupos; mientras que, para el grupo participante, se rechaza que esos conocimientos se producen con igualdad de probabilidades. En el grado de aceptación de las ciencias de la naturaleza al inicio del curso, las alumnas presentan tres tipos de respuestas, destacando un 14,8 % que su aceptación es total y no existiendo nadie que exprese nada de acercamiento, aunque casi un tercio se sitúan ante poco acercamiento, poco más de un tercio consideran que es bastante y el resto de las respuestas consideran que mucho. A estas respuestas, el grado de aceptación a las Ciencias de la Naturaleza al final del curso o bien aumenta con 72,1 % o bien se mantiene con 27,9 %; ninguna de las alumnas expresa que empeoró. En este último caso, el contraste de hipótesis entre estas dos últimas variables nos indica que no existe ni distribución ni igualdad de medianas entre los grados de aceptación de las Ciencias de la Naturaleza al inicio del curso con las del final. Lo que evidencia un aumento en el grado de aceptación general del alumnado.

Tabla 1. Porcentajes ítems segundo bloque.

	Nada	Poco	Bastante	Mucho	Total
Ítem 6	0	0	63,9 %	36,1 %	0
Ítem 7	0	0	72,1 %	27,9 %	0
Ítem 8	0	32,8 %	34,4 %	18,0 %	14,8 %

Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos desde el SPSS-22.

En el contraste de hipótesis, se producen las distintas respuestas en igualdad de probabilidades. Al respecto, se emplea la prueba binomial para todas las variables de este apartado y se rechaza la hipótesis nula de existencia de igualdad de probabilidades entre respuestas, se usó la prueba

Chi-cuadrado para una muestra, y en este caso, se conserva la hipótesis nula.

Correlaciones

Las variables cuantitativas presentadas anteriormente se agrupan por pares para realizar la correlación de Pearson. En la tabla 2, presentamos la relación de pares en la cual podemos comprobar la existencia de seis pares en los que existe correlación significativa: (1) grado de aceptación de las ciencias al inicio y el grado de aceptación de las ciencias al final; (2) grado de aceptación de las ciencias al inicio y el grado de conceptos científicos como grupo tutor; (3) titulación previa y edad; (4) dedicación a los estudios y edad; (5) grado concepto científico grupo tutor y grado concepto científico grupo participante; y (6) años y repetición de la materia. Se puede observar que estos pares presentan un nivel de significación inferior a 0,01 excepto el par dedicación a los estudios y edad que la significación es inferior a 0,05. Para estas seis correlaciones cabe destacar que los pares (1) y (6) son correlaciones inversas en las que para el aumento de la primera disminuye la segunda mientras que para el resto de pares la correlación es directamente proporcional: al aumentar la primera lo hace igual la segunda. De esta manera, cuando el grado de aceptación de las ciencias al inicio del curso es alto, al final baja; y cuando mayores son las alumnas menos repiten la materia.

A esto seis pares correlacionados, les aplicamos la prueba T de muestras emparejadas. Únicamente, en el par grado concepto científico grupo tutor y grado concepto científico grupo participante se acepta la hipótesis nula tanto de distribuciones iguales de grupos para la prueba de Kendall como para la mediana de diferencias cero para la prueba de Wilcoxon. El resto de pares rechazamos la hipótesis nula y se acepta la alternativa de distribuciones no iguales, según la prueba de Kendall y la mediana de diferencias no es cero para la prueba de Wilcoxon, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 2. Resultados de las correlaciones de Pearson.

		Correlaciones								
		grado_acep_ CCNN_inicio	grado_acep_ CCNN_final	Titu_prev	grupo_interactivo	dedica_estudios 1-2	grado_concept_cient_GTutor	grado_concept_cient_Gpartic	Edad_Años	repe_materia
grado_acep_CCNN_inicio	Correlación de Pearson	1	-.475**	-.131	.140	.013	.354**	.053	-.009	-.018
	Sig. (bilateral)		.000	.315	.281	.921	.005	.687	.946	.888
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	65,672	-13,492	-6,393	7,705	.361	10,754	1,492	-1,393	-1,148
	Covarianza	1,095	-.225	-.107	.128	.006	.179	.025	-.023	-.002
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
grado_acep_CCNN_final	Correlación de Pearson	-.475**	1	-.028	-.145	-.038	.086	.142	-.125	.080
	Sig. (bilateral)	.000		.831	.265	.770	.509	.276	.335	.539
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-13,492	12,262	-.590	-3,443	-.459	1,131	1,738	-8,590	.279
	Covarianza	-.225	.204	-.010	-.057	-.008	.019	.029	-.143	.005
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Titu_prev	Correlación de Pearson	-.131	-.028	1	.104	.195	.120	.028	.529**	-.063
	Sig. (bilateral)	.315	.831		.425	.133	.358	.831	.000	.629
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-6,393	-.590	36,328	4,246	4,033	2,705	.590	62,328	-.377
	Covarianza	-.107	-.010	.605	.071	.067	.045	.010	1,039	-.006
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
grupo_interactivo	Correlación de Pearson	.140	-.145	.104	1	.151	.090	.103	-.006	-.154
	Sig. (bilateral)	.281	.265	.425		.244	.492	.430	.965	.237
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	7,705	-3,443	4,246	45,934	3,525	2,279	2,443	-.754	-1,033
	Covarianza	.128	-.057	.071	.766	.059	.038	.041	-.013	-.017
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
dedica_estudios 1-2	Correlación de Pearson	.013	-.038	.195	.151	1	-.095	-.045	.254*	.077
	Sig. (bilateral)	.921	.770	.133	.244		.464	.731	.049	.555
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	.361	-.459	4,033	3,525	11,803	-1,230	-.541	17,033	.262
	Covarianza	.006	-.008	.067	.059	.197	-.020	-.009	.284	.004
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
grado_concept_cient_GTutor	Correlación de Pearson	.354**	.086	.120	.090	-.095	1	.371**	.228	-.097
	Sig. (bilateral)	.005	.509	.358	.492	.464		.003	.077	.457
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	10,754	1,131	2,705	2,279	-1,230	14,066	4,869	16,705	-.361
	Covarianza	.179	.019	.045	.038	-.020	.234	.081	.278	-.006
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
grado_concept_cient_Gpartic	Correlación de Pearson	.053	.142	.028	.103	-.045	.371**	1	.096	.208
	Sig. (bilateral)	.687	.276	.831	.430	.731	.003		.461	.108
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	1,492	1,738	.590	2,443	-.541	4,869	12,262	6,590	.721
	Covarianza	.025	.029	.010	.041	-.009	.081	.204	.110	.012
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Edad_Años	Correlación de Pearson	-.009	-.125	.529**	-.006	.254*	.228	.096	1	-.329**
	Sig. (bilateral)	.946	.335	.000	.965	.049	.077	.461		.010
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-1,393	-8,590	62,328	-.754	17,033	16,705	6,590	382,328	-6,377
	Covarianza	-.023	-.143	1,039	-.013	.284	.278	.110	6,372	-.106
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61
repe_materia	Correlación de Pearson	-.018	.080	-.063	-.154	.077	-.097	.208	-.329**	1
	Sig. (bilateral)	.888	.539	.629	.237	.555	.457	.108	.010	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-.148	.279	-.377	-1,033	.262	-.361	.721	-6,377	.984
	Covarianza	-.002	.005	-.006	-.017	.004	-.006	.012	-.106	.016
	N	61	61	61	61	61	61	61	61	61

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Resultados contraste de hipótesis para muestras emparejadas.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	grado_acep_CCNN_inicio - grado_acep_CCNN_final	1,574	1,322	,169	1,235	1,912	9,295	60	,000
Par 2	grado_acep_CCNN_inicio - grado_concept_cient_GTutor	1,213	,985	,126	,961	1,465	9,618	60	,000
Par 3	Titu_prev - Edad_Años	-20,000	2,214	,283	-20,567	-19,433	-70,566	60	,000
Par 4	dedica_estudios 1-2 - Edad_Años	-20,361	2,450	,314	-20,988	-19,733	-64,914	60	,000
Par 5	grado_concept_cient_GTutor - grado_concept_cient_Gpartic	-,082	,526	,067	-,217	,053	-1,217	60	,228
Par 6	Edad_Años - repe_materia	19,639	2,569	,329	18,981	20,297	59,701	60	,000

Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados desde el SPSS-22.

Sesiones prácticas

En este apartado los ítems son de respuesta corta; excepto la que pregunta acerca del interés por la metodología usada en las sesiones prácticas, en las cuales el 100 % del alumnado contestan afirmativamente el interés por esta metodología. Se usa la prueba binomial para una muestra para realizar el contraste de hipótesis para esta variable. Se rechaza la hipótesis nula de igualdad de probabilidades.

Respecto a las dificultades con las que se encontraron las alumnas para realizar las prácticas, y después de agrupar en clústeres las respuestas dadas, cabe destacar que cerca del 13 % de las respuestas consideran que no existieron dificultades. El resto de respuestas se pueden agrupar en la organización de las sesiones con un 35 %, seguida por las dificultades de presentar los experimentos ante el resto de compañeras con más del 16 %. Otra de las dificultades está en el uso del vocabulario científico con más de un 9 % de las respuestas. Entre las menos contestadas, se encuentran: el material del laboratorio, 7 %; el espacio limitado del laboratorio, 5 %; el horario de tarde, 2,5 %; y, la poca utilidad en la vida cotidiana, 1,3 %.

También se preguntó por las ventajas de esta metodología. Se pueden agrupar las respuestas en los siguientes clústeres: adquisición de conocimientos, 30 %; las distintas fases de elaboración de las prácticas como el trabajo en grupo, la exploración, la manipulación y la experimentación con un 30 %; un 18 % hacen referencia a la metodología por tres motivos, primero, el interés que suscita, segundo, el dinamismo que se da a las sesiones y, tercero, por considerar innovadora la metodología; el carácter lúdico de las sesiones, 15 %. Cierran las respuestas: la guía del profesor, 4 %; y, su contribución a la mejora para exponer ante el grupo, 3 %.

Por último, se preguntó por tres mejoras a las prácticas llevadas a cabo. No todo el alumnado respondió a la cantidad propuesta y lo hacen con menos. Las respuestas se agrupan en tres grandes bloques: 29,91 % como mejoras en la organización institucional; 49,53 % mejoras en la propia organización de las prácticas; y, 18,69 % de mejoras relacionadas con el propio alumnado. Destacan dos alumnas que responden que no mejorarían nada justificándolo una de ellas al decir que la metodología es participativa y facilita el aprendizaje

significativo de los conceptos científicos tratados durante las prácticas. Dentro de las mejoras institucionales se pide más material y un espacio más amplio. También se pide eliminar el horario de tarde y el aumento de horas de prácticas. En las mejoras propias de la organización de las prácticas, destacan las aportaciones relacionadas con salidas bien sean de campo o salidas a centros escolares para presentar experimentos científicos y llevarlos a cabo con el alumnado de la etapa de infantil. Otras mejoras que indica el alumnado son: aumentar el tiempo tanto para la comprobación correcta de los experimentos que se realizarán como de la realización de cada experimento. Hay algunas respuestas que prefieren aumentar el número de experimentos por grupo, aunque algunas alumnas prefieren disminuirlos.

Por último, dentro de este gran bloque de respuestas, hay alumnas que piden la no utilización de comida porque esta termina tirándose después de los experimentos. En el último bloque de mejoras propuestas por las alumnas relacionadas con ellas, la mayoritaria es la aportación que indican mejoras en las explicaciones dadas por el grupo tutor, seguida por la mayor atención por parte del resto de compañeras. A esto cabe añadir respuestas que piden unas explicaciones más simples y mejorar la comprobación en la comprensión de los conceptos explicados.

Discusión

Se empieza esta discusión dando respuesta a la consecución de los objetivos de esta investigación. Para el primero de ellos, *analizar la metodología de la microenseñanza como facilitador en la adquisición de saberes relacionados con la enseñanza de las ciencias de la naturaleza*, se debe recordar que una de las bases del estudio está en los pilares de Delors (1994): aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser. Cierto que el instrumento se orienta al primer pilar, pero no se puede obviar que en las respuestas del último bloque se aprecian indicaciones acerca de los

otros tres pilares. Para el primer pilar se considera que la metodología es adecuada porque en los resultados obtenidos hay un aumento en la adquisición de los conceptos científicos y también en la aceptación de las ciencias de la naturaleza, en la que se observa un aumento significativo del inicio del curso al final. También, se puede considerar la adquisición de conocimientos expresada en la pregunta de ventajas de esta metodología.

En este aprendizaje se hace necesario, para futuras investigaciones, concretar la adquisición de los conceptos científicos, así como comprobar cuántos de los alumnos se matriculan en los siguientes cursos en las materias optativas relacionadas con las ciencias de la naturaleza (salud y medioambiente) ofrecidas en tercero y cuarto grado. Para los otros tres pilares, no existen ítems cuantitativos que se acercan a ellos, pero en los ítems finales se pregunta acerca de las dificultades encontradas y las mejoras que propondrían. En las dificultades, el uso del vocabulario científico y el material disponible para algunos de los experimentos estarían en línea con el aprender a hacer, a ser reflexivas respecto a su futura calificación profesional y a ser capaces de hacer frente a distintas situaciones, en este caso los experimentos en el laboratorio y distintas soluciones. Aunque en el caso del vocabulario fue solo el 9 % del alumnado quien expresó esas dificultades que nos indica ese grado de aceptación a las ciencias que existiendo casi un tercio al inicio del curso que era poca, al final del curso o bien habían mejorado o estaba igual que al principio (Campanario y Moya, 1999).

El material también formaría parte del pilar, aprender a ser, por la autonomía presentada en la preparación y realización de los experimentos porque les permitió ajustarse a lo existente. Este pilar también se puede ver reflejado en las reflexiones realizadas por las alumnas en las mejoras que propondrían como las propias de la organización institucional y las relativas a la organización de las prácticas, especialmente en el espacio reducido para realizar las prácticas o incluso el poder

llevarlas a cabo en otros espacios más abiertos fuera del propio laboratorio.

Por último, el pilar aprender a convivir se expresan en las dificultades de presentar los experimentos al resto de compañeras y, en algunos casos, el resto de grupos demuestran poco respeto al grupo tutor, permite esa autoevaluación (Özcan y Gerçek, 2019) y coevaluación desde la reflexión de todo el acto educativo; además de cierto estrés en el grupo tutor (Horgan, Howard y Gardner-Hyland, 2018) que sería posiblemente lo que causa ese bajo valor en el grado de aceptación final respecto al presentado al inicio. Esto contrasta con la importancia que otorga el alumnado al acto de experimentar y las vivencias en el laboratorio (Cantó, Pro y Solbes, 2016). Se formula en palabras que indican la poca comprensión por el otro, por el poco respeto por parte del grupo pasivo hacia quien lleva la sesión. En todo caso, sabiendo la existencia mostrada indirectamente por el alumnado acerca de estos tres pilares y que no fueron considerados directamente en el instrumento, se debería incluir esos aspectos en futuros estudios, así como el uso de instrumentos de control y técnicas de observación para cotejar y triangular la información obtenida y conseguir así una mayor validez externa.

El segundo objetivo, *correlacionar variables mediante las cuales poder orientar futuros estudios en la misma dirección*, se puede comprobar en las tablas 2 y 3 aquellas correlaciones existentes y cómo futuras investigaciones deben incluir y ampliar los conceptos que se correlacionan. Se encuentran seis parejas de correlación que nos orientan hacia el cambio en el grado de aceptación de las ciencias, como esta metodología favorece y aumenta esta aceptación en el alumnado. Cabe destacar ese 13 % que considera no encontrar dificultades con el uso de esta metodología, aunque el 100 % indican interés por la metodología usada en las prácticas de laboratorio que consiguen cierto aumento en la motivación (Nieto y Santiago, 2014) por las ciencias de la naturaleza. Se puede considerar un carácter reflexivo en el alumnado cuando se piden

mejoras a realizar que únicamente dos alumnas consideran que no es necesario realizar cambios y cómo este carácter reflexivo va acompañado por la construcción de la capacidad de enseñanza (Lederman y Lederman, 2019), cuando el 13 % no encontraron dificultades. Destaca la correlación inversamente proporcional existente entre el grado de aceptación de las ciencias al inicio respecto al grado de aceptación al final, lo que nos indica que a mayor grado de aceptación al inicio menor es el grado de aceptación al final. Esto contradice, en cierta manera, los estudios que muestran que con la práctica y metodologías más participativas aumenta la adquisición de conocimientos y el grado de aceptación (Gaete y Camacho, 2017). En el presente estudio, la correlación es contraria en el caso del alumnado con elevado grado de aceptación inicial, aunque no para los grados de aceptación bajos porque en estas situaciones aumenta al final. Se puede concluir que es una metodología adecuada para bajos conocimientos o baja aceptación en un tema.

Para concluir, se debe considerar en futuros estudios la mejora del instrumento para poder obtener una mayor fiabilidad y validez del instrumento; enfocando esa mejora en el aprender a ser y aprender a convivir. Además de añadir algún otro instrumento que permita triangular la información obtenida desde varios puntos de vista distintos.

No se puede olvidar antes de cerrar esta investigación el concepto de alfabetización científica, el cual se busca que adquiera el alumnado de educación infantil. Para ello, debemos desde las aulas de la universidad alfabetizar científicamente al alumnado que en un futuro cercano serán las maestras de los más pequeños y las que deberán tener entre otras muchas responsabilidades enseñar ciencia, enseñar a hacer ciencia y enseñar acerca de la ciencia a sus alumnos. Esta función no la podrán realizar si desde las aulas universitarias no se sienten motivadas e interesadas por este campo.

Cabría proponer una vez realizado este estudio acciones educativas mucho más activas a lo largo de todas las sesiones, ya no solo las

prácticas como en el caso de este estudio, sino que también en las expositivas mucho más teóricas, y en las que se acerca al alumnado los conceptos propios de la enseñanza de las ciencias en educación infantil.

Referencias

- Allen, D. W. (1966). Microteaching: A New Framework for In-Service Education. *The High School Journal*, 49, 357-362.
- Allen, D. W.; Clarck, R. J. (1967). Microteaching: It's Rationale. *The High School Journal*, 51, 75-79.
- Allen, D. W.; Gross, R. E. (1965). Microteaching a New Beginning for Beginners. *The NEA Journal*, 55, 25-26.
- Alonso, M. C.; Martini, B. A.; Ormaechea, S. (2003). Obstáculos que afectan la relación teoría-práctica en las prácticas de formación: el caso particular de los practicantes de la carrera de ciencias de la educación de la UNNE. *Revista Nordeste*, 18, 101-111.
- Amaro, F.; Manzanal, A. I.; Cuetos, M. J. (2015). *Didáctica de las Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Logroño: UNIR.
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trías editorial.
- Bachmann, D.; Holdsworth, P. (2016). La nueva agenda para las capacidades para Europa. *Educación de Adultos y Desarrollo*, 83, 18-32.
- Campanario, J. M.; Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Investigaciones didácticas*, 17(2), 179-192.
- Cantó, J.; Pro, A. de; Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 25-50. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870>
- Carrera, D. (2015). Tareas integradas: características. La aportación desde el área de la educación física. *Revista Digital de Educación Física*, 6(35), 161-175.
- Casado, J. (2015). Los primeros años del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Santiago de Compostela. *Innovación Educativa*, 25, 47-54.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chi, M. T. H.; Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. En M. Limon y L. Mason (eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*, 3-27. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_1
- Cooper, J. M. (1989). La microenseñanza: la precursora de la formación del profesorado basada en competencias. En J. Gimeno Sacristán y A. Pérez Gómez (ed.), *La Enseñanza: su teoría y su práctica* (pp. 364-371). Madrid: ediciones Akal.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santilla, Ediciones Unesco.
- Fernandes, I. M.; Pires, D. M.; Villamañán, R. M. (2014). Educación científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación Universitaria*, 7(5), 23-32. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062014000500004>
- Fernandes, I. M.; Pires, D. M.; Delgado-Iglesias, J. (2016). Las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, en los libros de texto de Educación Primaria: un estudio comparativo entre Portugal y España, antes de las últimas reformas educativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 54-68. https://doi.org/10.2526/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.05
- Fernández, R.; Bravo, M. (2015). *Las ciencias de la naturaleza en la Educación Infantil*. Madrid: Pirámide.
- Fernández, M.; Espada, M. (2015). Frecuencia de utilización y aceptación de estilos de

- enseñanza en educación física. *Athlos. Revista Internacional de Ciencias Sociales, de la Actividad Física, el Juego y el Deporte*, 9, 44-63. <http://www.museodeljuego.org>
- Gaete, M.; Camacho, J. (2017). Vivencias de practicantes de pedagogías en ciencias. *Educação e Pesquisa*, 43(2), 341-356. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-9702201609146976>
- García-Ruiz, A.; Castro, M. D. (2005). Aplicación del enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente ante problemas reales: vertidos incontrolados de residuos. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 1-6.
- Guillermo, M. C. (1997). Microenseñanza: ¿una técnica vigente para el desarrollo de habilidades docentes. *Educación y ciencia. Nueva época*, 1(2), 16, 59-68.
- Hernández, J. C. M.; de la Rosa, C. M. (2018). Percepción de mejora de las habilidades comunicativas en estudiantes universitarios. *Revista de la Educación Superior*, 47(186), 119-135.
- Horgan, K.; Howard, S.; Gardiner-Hyland, F. (2018). Pre-service teachers and stress during microteaching: an experimental investigation of the effectiveness of relaxation training with biofeedback on psychological and physiological indices of stress. *Applied Psychophysiology biofeedback*, 42(3), 217-225. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-9401-9>
- Latorre, A.; Del Rincón, D.; Arnal, J. (2005). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Ediciones Experiencia.
- Lederman, N. G.; Lederman, J. S. (2019). Teaching and Learning of Nature of Scientific knowledge and scientific inquiry: building capacity through systematic research-based professional development. *Journal of Science Teacher Education*. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625572>
- Motta-Ramírez, G. A.; Hernández-Molina, S. I. (2016). La microenseñanza: técnica de actualidad para la capacidad y formación de docentes. *Revista Sanidad Militar México*, 70(2), 230-234.
- Nieto, A.; Santiago, P. R. (2014). Microenseñanza una técnica para motivar el enseñar y aprender investigando. *Espectros*, 52, 23-31.
- Orden ECI/3854/ (2007). Por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Infantil. *BOE*, 312, § 22446.
- Ortuño, V. (enero-febrero de 1972). La microenseñanza. *Revista de Educación*, número extraordinario, 10-16.
- Özcan, Ö.; Gerçek, C. (2019). Multidimensional analyzing of the microteaching applications in teacher education via videograph. *European Journal of Teacher Education*, 42(1), 82-97. <https://doi.org/10.1080/02619768.2018.1546285>
- Pastorino, I. C.; Correa, A. L. R.; Raffaini, G. B. (2016). Las actividades experimentales en la formación inicial de profesores de biología de la U.N.R.C. *Educación, Formación e Investigación*, 2(3), 1-11.
- Peleberg, A. (1970). Microenseñanza: un innovador procedimiento de laboratorio para mejorar la enseñanza y el entrenamiento de profesores. *Unesco's Bulletin Prospects in Education*, 1(3), 1-15.
- Quijano, R. (2016). *Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Educación Infantil*. Madrid: Pirámide.
- Rincón, D. del; Arnal, J.; Latorre, A.; Sans, A. (1995). *Técnicas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Dykinson.
- Sabelli, M.; Ornique, M.; Giovannini M. (2014). Las prácticas simuladas: entre la construcción de verosimilitud, la observación y reflexión. *I Encuentro Internacional de Educación. Espacios de investigación y divulgación*. Tandil, Argentina, 29, 30 y 31 de octubre.
- Torres, A. M. (2017). Un polo a Tierra en la formación inicial de maestros de ciencias. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología*

y IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental, 9-11 de octubre, Bogotá, Colombia. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7312>

Villar, L. M. (1982). *La microenseñanza como método de formación del profesorado*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla, Sevilla.

Watson, R. (2007). La microenseñanza en la UPC. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 3(1), 1-20. <https://doi.org/10.19083/ridu.3.24>

Zapatero, J. A. (2017). Beneficios de los estilos de enseñanza y las metodologías centradas en el alumno en educación física. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 13(3), 237-250.





Teaching physics through contextualised concept cartoons

Enseñanza de la física mediante Historietas Conceptuales Contextualizadas

O ensino da física através de Huadrinhos Conceituais Contextualizados

Jaime Duvan Reyes-Roncancio¹ Gloria Patricia Romero-Osma² Edier Hernan Bustos-Velazco³

Received: February 2019

Accepted: April 2019

Citation: Reyes-Roncancio, J.D., Romero-Osma, G.P., Bustos-Velazco, E.H. (2019). Teaching physics through contextualised concept cartoons. *Revista Científica*, 36(3), 381-395. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.15156>

Abstract

The use of cartoons in the teaching of physics is researched in this study. The methodology of this mixed approach involves the design and use of concept contextualised cartoons and their validation as well as implementation among groups of high school students. Subsequently, a motivational scale regarding the use of cartoons and the teaching of physics is adapted and applied. The results obtained describe the characteristics of questions formulated by the students when interacting with the cartoon, specifically in relation to the scientific knowledge associated to three phenomena of the study, namely atmospheric electric discharges, i.e. thunderbolts, electric current and polarisation. Furthermore, the cartoons' didactic potential was identified in relation to the categories of the motivational scale, which highlights significant motivational levels associated with the relationship of life and the importance of the physics class.

Keywords: innovation, narratives, motivation, learning, cartoons.

Resumen

En este estudio se investigó el uso de historietas en la enseñanza de la física. La metodología de enfoque mixto involucró el diseño y uso de Historietas Conceptuales Contextualizadas, así como su validación e implementación entre grupos de estudiantes de secundaria. Posteriormente, se adaptó y aplicó una escala motivacional sobre el uso de los dibujos animados y la enseñanza de la física. Los resultados obtenidos describen las características de las preguntas formuladas por los estudiantes al interactuar con la caricatura, en relación con el conocimiento científico y los conceptos asociados a tres fenómenos estudio, las descargas eléctricas, la polarización y la corriente eléctrica. Además, se identificó el potencial didáctico de las historietas en relación con las categorías de la escala motivacional, que destaca los niveles de motivación significativos asociados a la vida cotidiana y la clase de física.

Palabras clave: aprendizaje, comics, innovación, motivación, narrativas.

^{1.} Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. jdreyesr@udistrital.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-9229-1196>

^{2.} Politécnico Internacional. Bogotá, Colombia. gloria.romero@pi.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-6099-4620>

^{3.} Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. ehbustosv@udistrital.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-0072-8598>

Introduction

Concept Cartoons

Concept cartoons (CC) are defined as a mean to present alternative ideas of scientific concepts (Naylor and McMurdo, 1990; Gutterierrez and Ogborn, 1992; Peacock 1995; Keogh and Naylor, 1996, 1999.) Their origin arises from a constructivist strategy enabling teachers to identify students' ideas on scientific concepts and the way these are put into effect when interacting with a CC. The CC examples (figure 1) reveal their format, comprising a graphical representation of a generally static situation, where the characters assume different conceptual perspectives.

CC are static situations without association of a narrative that presupposes a temporal or sequential line about its origin. They have been assumed from an independent approach to comics as history or to cartoons as humour or satire (Keogh and

Naylor, 1999; Ekici, Ekici and Aydin, 2007). Its design benefits from the use of short texts in the presentation of scientific phenomena related to real life. The text must also present alternative ideas for the phenomenon and a valid scientific background for all ideas to have the same status within the cartoon (Keogh, Naylor and Wilson, 1998, Kabapinar, 2005). These alternative ideas should be based on educational research based on students' conceptions (Stephenson and Warwick, 2002; Sasmaz-Oren and Meriç, 2014).

Şaşmaz-Oren, F. and Meriç, G. (2014) integrated CC into worksheets of Newton's laws (figure 2) following the constructivist approach, where students confront their systems of ideas and execute actions and class discussions to reach new conceptual balances. In their opinion, the variation of this study compared with regular uses of CC in literature considers that the constructivist approach contributes to the conceptual understanding of Newton's laws of motion.

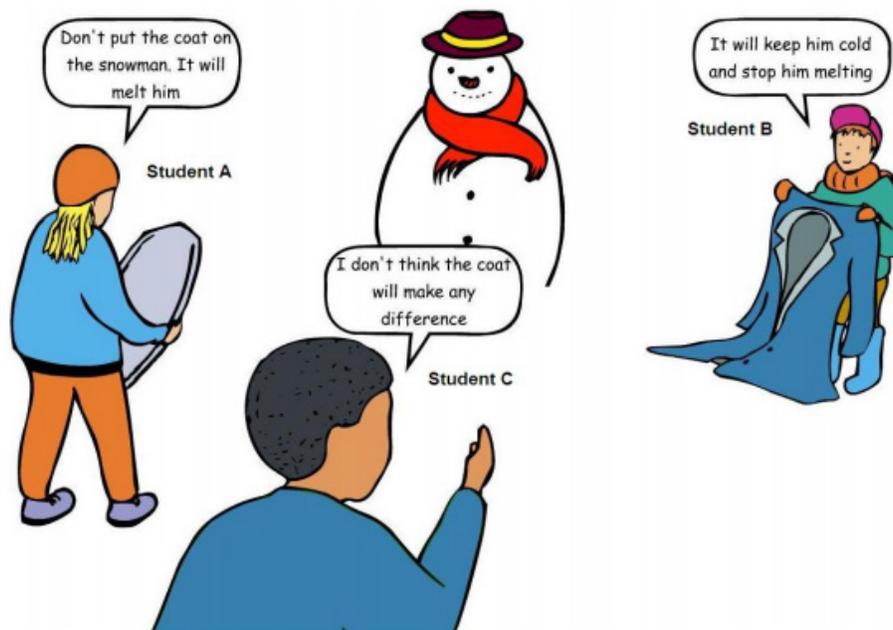


Figure 1. CC in science education.

Source: Keogh and Naylor (2000).

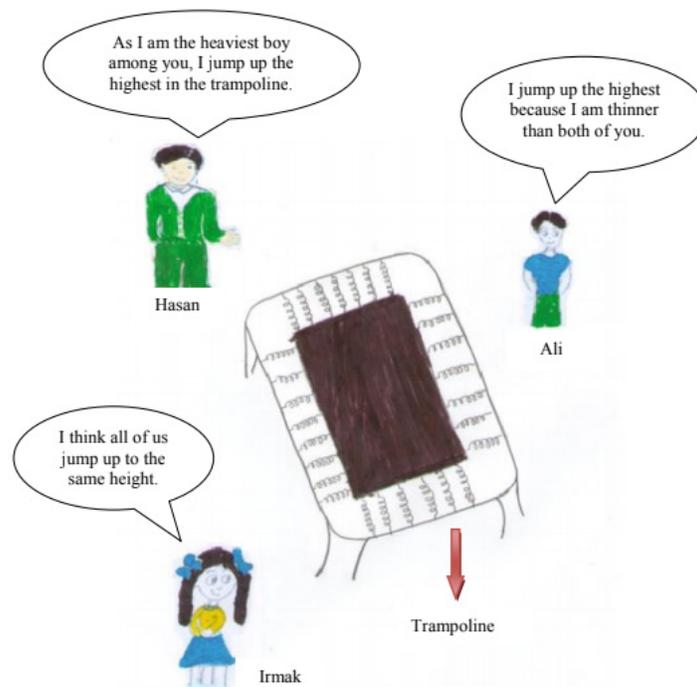


Figure 2. Seventh grade students' perceptions regarding the use of concept cartoons in a science and technology course.
Source: Şaşmaz-Oren and Meriç (2014).

Generally, these studies assumed CC from a minimalist approach in the use of the language (Naylor and Keogh, 2013; Taslidere, 2013), immune to humour, satire and connection or contextualisation within a specific narrative. However, the real language matters and its narrative context are likewise relevant. In conjunction with the lack of research that assumes CCs from a situated, contextual and sequential perspective, such situations, in the case of the teaching of physics, provide evidence of a breach in this line of inquiry. By omitting conceptual cartoons as part of a narrative, the contextualised process also takes into account basic elements of scientific phenomena, postures or alternative interpretations based on the research regarding the student's conceptions.

Hence, the contextualised concept cartoon (CCC) requires a design based on the teaching and learning interests of physics, and for each constructed story it was sought to characterise its didactic potential within the framework of the generation of questions and students' motivation towards the

class of physics. Therefore, the following queries were stated: What types of questions do students construct in the context of CCC? To what degree do they declare themselves motivated towards the physics class as a result of the use of CCC?

The importance of this work is to contribute to the characterisation of the CCC as a line of didactic research within the framework of teaching proposals, where the learning context acquires greater significance in the construction of questions and the promotion of motivation towards physics. Consequently, the interaction with the comic offers another opportunity to learn.

Methodology

The research is based on a qualitative exploratory approach in the search to characterise the sense that students attribute to their actions in the context of interaction with the CCC, particularly in connection with the motivation to learn physics. This process involved the design and validation of each story with

teachers and a group of high school students from a school in the city of Bogotá as phase 1. Moreover, a preliminary design of the cartoon was implied based on the identification of the natural phenomenon and the context, which is part of the script sent to the illustrator to build the sketches. Afterwards, such sketches were validated by a focus groups of students, teachers and the research group.

The implementation of the final version of the CCC within the group of students allowed posing questions, and subsequently a Likert scale motivation questionnaire adapted from Bae (2009) with five response options was applied. The distribution of items by sub-category (S), as well as the number (N) of associated questions is shown in table 1. Motivation is the way we help students reveal themselves (Wormeli, 2012).

Table 1. Categories of the Likert scale of motivation.

S	Number of Questions	Sub-category
A	6	Personal interest (interest value in science from a personal perspective)
B	1	Job related utility value
C	4	Everyday related utility value
D	4	Situational interest (interest value in science class from a situational perspective)
E	2	Importance
G	2	Perceived efforts
H	2	Making questions
I	2	Creative interest
J	2	Plausible

Source: adapted from Bae (2009).

The last three items were added for total fulfilment of the research objectives. Item *H* explores the possibility of formulating questions from the cartoon, item *I* inquiries about the creative interest that the cartoon favours in the interviewee to build their own comics, and item *J* examines the credibility of the cartoon's situation. Additionally, the adaptation of the Bae scale also consisted of distributing the sub-category of personal interest (Personal Interest) within the entire scale, since

in this case the use of the cartoons does not correspond to the beginning of the school year. Results of the validation process, which included the concept of a professional in educational psychology, physics teachers and members of the research group, made the corresponding adjustments and proceeded to design the final version for piloting with 25 students in 11th grade of a public school of the city of Bogotá.

The implementation process comprised three sessions corresponding to the interaction with each of the comic strips, where students were free to exchange the ideas generated by the material (see figure 3). At the end of the implementation of the comic strips, we proceeded with the application of the Likert scale of motivation with the group of students and their respective analysis.

Results and Analysis

Results are presented in accordance with the methodological process. First, the CCC is described, along with the analysis of the student's questions resulting from their interaction with the conceptual cartoons. Secondly, the results and analysis of the application of the Likert scale (Alpha 0, 89) on motivation is presented.

Cartoon and Questions

The CCC consists of a set of sequential vignettes, in which the development of everyday situations susceptible of being explained by theories and or scientific concepts is illustrated. Unlike the developments in CC, this work contextualises the conceptual cartoon in time and space, i.e. place of development. Moreover, dialogues and texts acquire the connotation associated with the characters in relation to their interactions with concrete objects or with other characters. The format of this work is a page that may or may not be connected to other cartoons. For this research, two CCC (the stove and the lighting) were designed and the CCC of the *Anti-Spy filter* (Roncancio and Romero, 2017) was replicated.

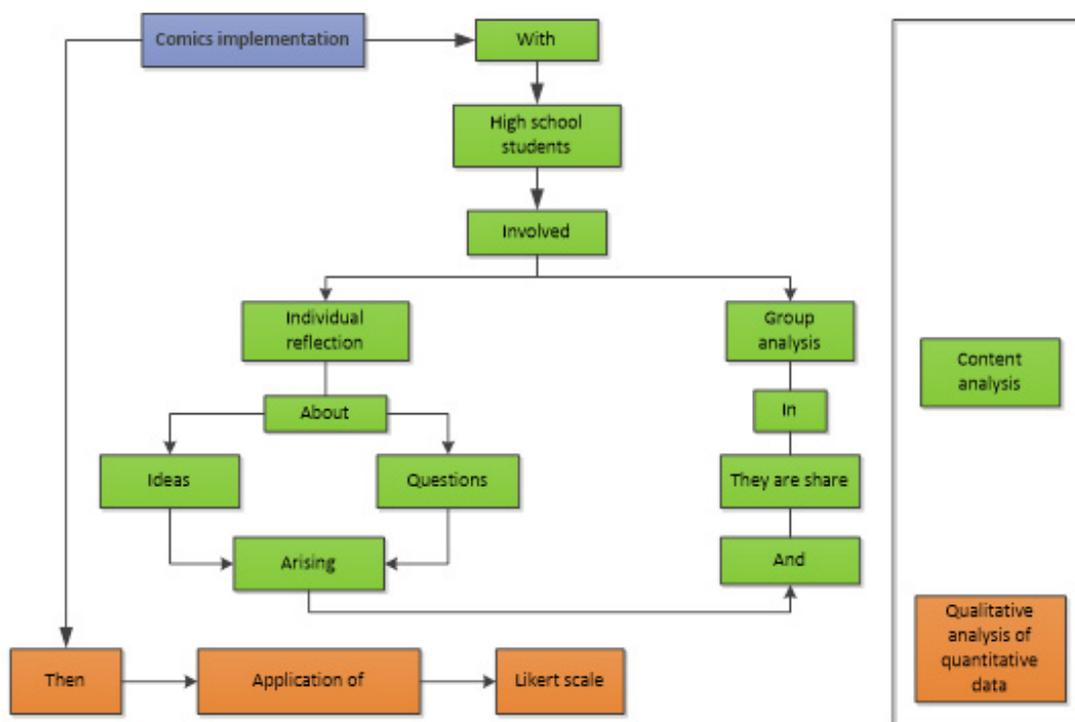


Figure 3. Implementation of CCC in physics class and process of result's analysis.

The Stove⁴

The aim of the cartoon is to show the interactive experiences of the characters (a family with a father, mother and daughter, who is a university student) with the stove in the kitchen. The father and daughter react similarly when they touch the stove, as they feel an electric shock. The mother's interaction with the stove is associated with the technical fix of the 'short circuit' that caused the sensation of the electric shock.

In this cartoon, students construct associated questions or affirmations with electricity, materials and artefacts, where they reveal the relationships they establish as follows: 'How is it possible that electricity makes contact with some materials and not with others? When current comes in contact with objects, those objects can acquire changes' (Annex 1).

Moreover, questions regarding the causes of the situations are presented, for instance: 'What was wrong with the stove? What could be the cause of a short circuit? Did it have something to do with the coffee machine being turned on at the same time as the stove?'

The Lightning⁵

This story presents situations associated with atmospheric electrical discharge in the context of interaction of a group of young people: a party or rumba (Annex 2). The story recreates the characters' reaction in relation to two electric shocks (lightning) and their activity in the meeting.

In the cartoon with the electric beam, some questions seek explanations regarding the relationship among situations. For example, 'How can

⁴ Author: Jaime Duván Reyes. Illustrator: Luis Carlos Bonilla

⁵ Authors: Yina Marcela Porras, Jaime Duván Reyes. Illustrator: Juan Carlos Bonilla.

electrical storms cause a short circuit? Why do they not disconnect the appliances, having seen the thunderbolts? They should not have parties during a storm. Why did not they take more care with all the connected appliances knowing that it was raining? Did she unplug it to avoid a short circuit? Did the blackout really happen because of the lightning? Will the equipment be damaged by the blackout? (My dad says that happens sometimes) Why did they continue the party even if it was raining and lightning?'

These questions connect the phenomenon of atmospheric electric discharge with the functioning of electronic devices, where a causal principle is revealed and questioned, namely that lightning can produce alterations or 'short circuits' in electronic devices. This also includes elements of distinction of preventive behaviour for these situations, i.e. linking of situations, by calling attention to the care or avoidance of organising events in stormy, rainy conditions. The students' questions show their implicit ideas of the relationships between the situations associated with atmospheric electric shock for the context illustrated in the cartoon.

Some questions are presented here about possible causes such as 'Did lightning strike the circuit box in the area? Did the blackout cover the entire area? Was the lightning related? Could it be that the thunderbolt caused the blackout?' where knowledge of the consequences of 'lightning strikes' in relation to the local electricity flow is evident.

In addition, questions or statements arise, where students provide explanations regarding the phenomenon of electric shock and the context of the cartoon, for example: *'In conclusion, the lightning bolt cut the electricity at the end and ruined the party due to the storm. I don't agree with Juliana being blamed, as it was the lightning that really spoiled everything. The lightning hit the neighbourhood fuse box. Maybe she disconnected the internet because of the lightning, so it wouldn't get damaged, and as she reconnected it again, the lightning that struck was stronger, which is why the sound equipment and internet crashed'*.

The Cell Phone Filter⁶

The development of this cartoon recreates how one of the characters makes use of an 'anti-spy' filter glass type attached to the screen of a cell phone as a measure of protecting information (Annex 3).

In the cartoon presenting the filter, one of the typical questions asked by the students is associated with the operation of the devices, namely some direct questions as follows: *'How does the filter work? How will the anti-spyware filter work? How does the filter work and make it possible to block the view? How does the cell phone filter work?'* *'How does the filter itself work?'* This sub-category regarding the explanation of the functioning of the device is accompanied by the interest to investigate many more things in relation to scientific and technical aspects. In the case of the student who asks themselves: *'What type of material is the filter? How does it block the vision? At which angle is the screen no longer visible? Is this a resistant material? If the cell phone is overheated, will the filter lose or gain effect? I don't have concrete knowledge of why and how the filter works?'*

Complementary to the need to know how the filter works, there is a concern to know the causes of the phenomenon, as expressed in the question: *'I know what the filter is used for, but I do not know why that happens'* or *'What makes the filter work that way?'* as well as the interest in knowing *'Who created the filter?'*

Another characteristic of the questions highlights the possibility of consolidating explanations within the same questions. That is to say that there are conjectural indications about the functioning of things in the form of questions about their characteristics or particularities, here are included questions such as: *'I believe it is useful precisely because they apply a filter that creates shadows on the sides. Does the filter come into contact with*

⁶. Authors: Patricia Romero, Jaime Duván Reyes. Illustrator: Miguel Angel Vallejo, English text adjustment illustrator: Juan Carlos Bonilla.

the light that reaches it? What would be the difference between the components of the screen of the cell phone and the filter? With the filter, (based on the filter) does the side from which you try to see and the distance at which you see vary? If you increase the brightness of the cell phone to a point that illuminates a lot, can you see it from the observation side? Is the filter very different in thickness from the cell phone screen? Is it possible to see through the filter, from a different angle than in front of the filter?'.
 As can be inferred, they reveal authentic questions about optical phenomena, the structure of matter, the interaction between radiation and matter, among others, all in the context of the use of the artefact, a situation that also makes the didactic potential of the CCC evident for this case.

At the same time and following this new perspective of the CCCs, different questions emerge, which usually are not reported in the traditional

concept cartoon perspective. As a synthesis, these groups of questions are collected in table 2, which also appear to have a pedagogical potential in physics class, especially regarding the dialogue of knowledge and knowledge that is usually put into play in the interaction of students with learning environments. The CCC can serve as a learning space, at least in terms of this research, and its power to generate questions and motivate students is clear.

Cartoon and Motivation: the Likert scale

In this section, we analysed the results for each of the categories of motivation considered on the Likert scale. The scale was applied to the students once they already interacted with the CCCs and constructed questions about their content. The description of these results is organised according to scale categories.

Table 2. Student's questions that demonstrate motivation, knowledge and dialogue.

Categories	Questions and Commentaries from students
Attitudes-sensations	<i>"Why does the mother don't let her go, if she behaved wells? ", " Why did she want her to wear the black dress? ", " Men are not the ones who always fix everything ", " Why they get mad before helping the mother ", " We all really deserve privacy, I think the behavior of his little sisteris anadequate, she does things, with some kind of benefit, " "The bottom line is that it's good to behave well in all cases, not just when a permit is needed and that most people buy by suggestion, not because they know what it's for," "I think is not right for the man and the girl to have the mother to fix the stove, when everyone has to help and do their part for the welfare and stability of the home."</i>
Situational interest	<i>"Had something to do the fact that the coffee machine was turned on at the same time <u>as the stove</u>?" "I want to know what caused the electricity to pass to the woman and her family from the stove and how to solve the problem"</i>
Creative interest:	<i>"Well, I would think that the stove was fitted with aluminum foil and that would not let the current pass through, or it could also be wet and the mother just dried it out and that's it"; plausible- credible : "I believe it is fantasy and pleasant, imagination is one of the most important factors to solve any situation"</i>
Social / human relationships,	<i>"Why Colombian families like to party so much?" "Why among the young, there are so many party goers?" "Neither the daughter nor the father cared to have breakfast as a family";</i>
Explanation / understanding	<i>"It would be good to explain a little more thoroughly the subject of the short circuit and the electric current and how dangerous it can be, and the security measures that should be adopted", "Why had not Caro told Valentina about glass before? " "Sometimes we know what things are for but not how they work";</i>

Everyday related utility value

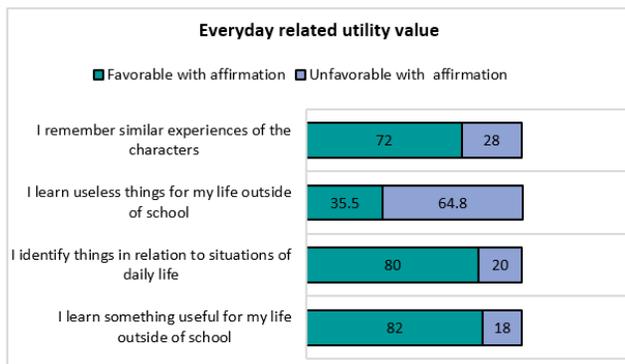


Figure 4. Results category: everyday related utility value. In this category, we investigate the attitudes of students towards the usefulness of comics in relation to their daily lives.

The students in this case value this category favourably, highlighting the usefulness of comics in the world outside their educational institution, as well as connecting them with elicitations of their personal experiences with cartoon's characters.

Situational interest

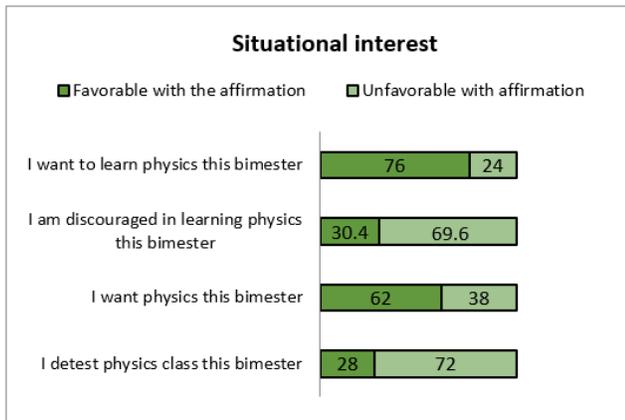


Figure 5. Results category: situational Interest.

This category explores students' attitudes towards the physics class with regard to the use of comics. The results show general acceptance towards the category in all its statements. Both with a rejection attitude towards the class and when feeling discouraged to learn, students favourably value the

opposite. Concomitantly, attitudes that express the desire to learn and their desire for the class itself are also favourable to the category of situational interest.

Importance

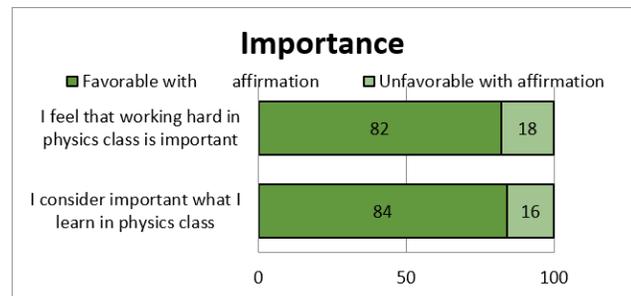


Figure 6. Results category: Importance.

In this category, students exhibit favourable attitudes towards the importance of the physics class in relation to the use of comic strips.

Here, students attributed great value to the classroom work and its relationship with the learning of physics.

Perceived Effort

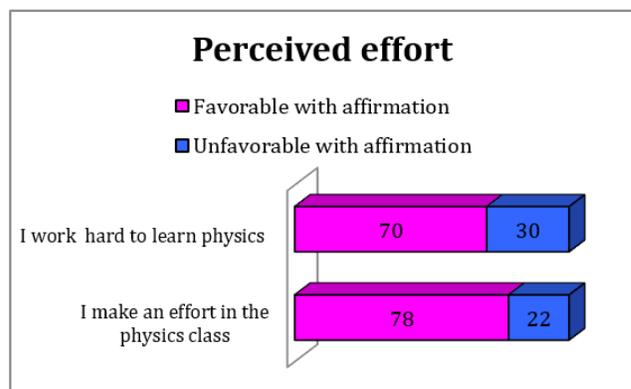


Figure 7. Results category: perceived effort.

This category examines students' attitudes towards perceived effort in the interaction with cartoons and their physics class.

The results show a significant favourability, both in the evaluation of their effort during the class and their self-recognition of the work to learn physics.

Personal interest

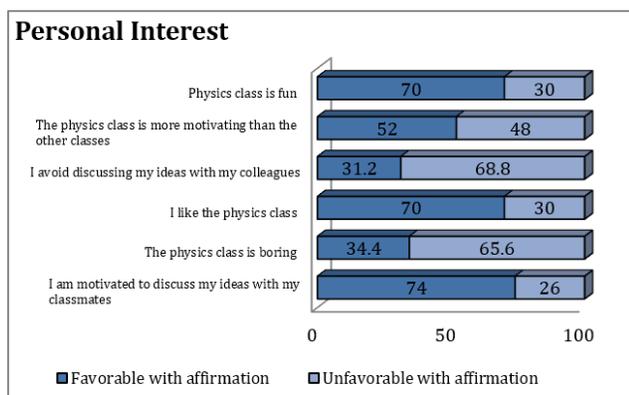


Figure 8: Results category: personal interest.

Personal interest is a key category on the motivational scale, as it mainly investigates the attitudes of students related to the taste for class and the motivation to share ideas.

The results show that the class of physics that involved the use of cartoons is motivating and fun (not boring), and generates a discussion of ideas.

Thus, the personal interest category has a significant favourable valuation from the students' side.

Job related utility value

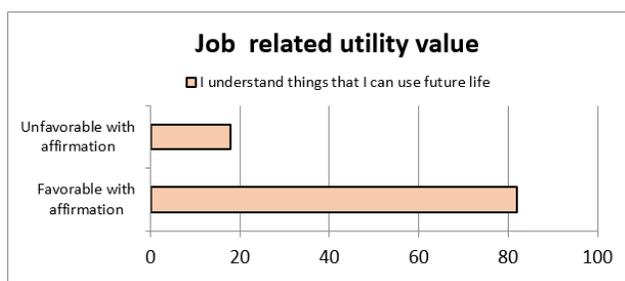


Figure 9. Results category: job related utility value.

This category inspects the usefulness of knowledge or the subjects of study in the physics classes in relation to the future life of students.

The attitude of the students in this category is very favourable towards the classes of physics in which they interacted with comic strips.

Questions

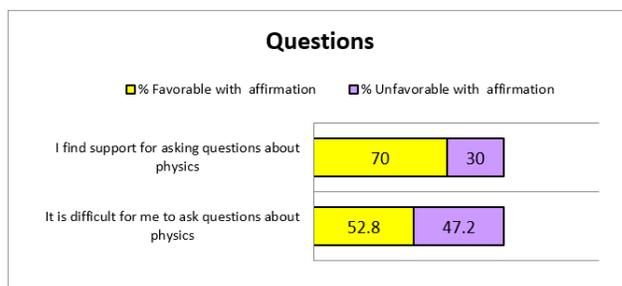


Figure 10. Results category: questions.

This category strives for student's attitudes to formulate questions about physics. A significant percentage of students highlight that the cartoons are key for formulating questions about physics; however, at a medium rate they have difficulty performing this activity.

Creative Interest

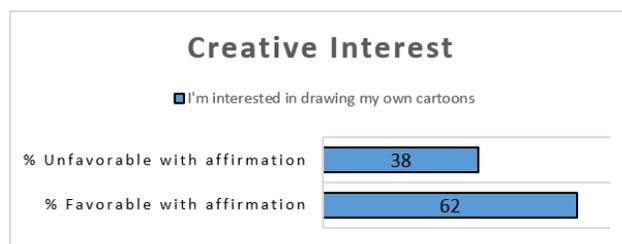


Figure 11. Results category: creative interest

In this category, students were asked about their specific interest in developing their own productions in the format of cartoons.

In this regard, the students surveyed expressed a willingness to make their own cartoons in the physics class.

Plausible

This category investigates the students' perception of the cartoons content plausibility in relation to real-life situations. The answers received allow determining a favourable attitude towards the recognition of situations that are possible in real life, and that are immersed in the cartoon content.

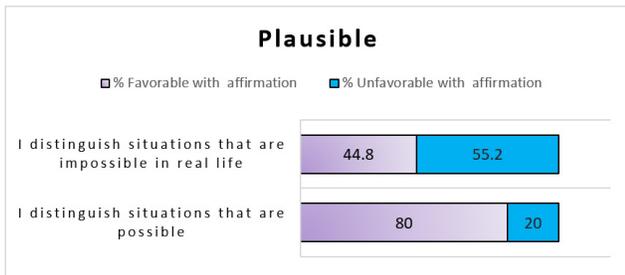


Figure 12. Results category: plausible.

The motivation towards the physics class is significantly high, showing a large percentage (figure 13) for the study with the CCCs. Here students give a higher percentage to aspects related to: the importance of the class for themselves and their relationship with the school, the connection with topics or situations that may serve them in the future, and the value of what the cartoon presents in terms of knowledge of everyday life in everyday life situations.

In a second group of favourability, it is found that the students emphasise the physics class with the CCC as a space that makes them want to learn.

Hence, there is a situational interest motivated by this context, and an identification with the need to strive for learning and an evaluation of the content of the CCC in terms of the likelihood of the situations that are presented there.

The third group of favourability is associated with the possibility offered by CCCs in the formulation of questions and their interest in creating similar narratives. All the sub-categories of the scale used are favourable to motivation; therefore, for the sample taken, under the conditions mentioned above, CCCs constitute a potential motivation for students towards the physics class.

Discussion and conclusions

CCCs allow the advancement of research in science education and particularly in physics education from perspectives that validate the need to ask questions in class. In particular, research regarding the teaching and learning of physics, where the solution of questions is a valid alternative to promote

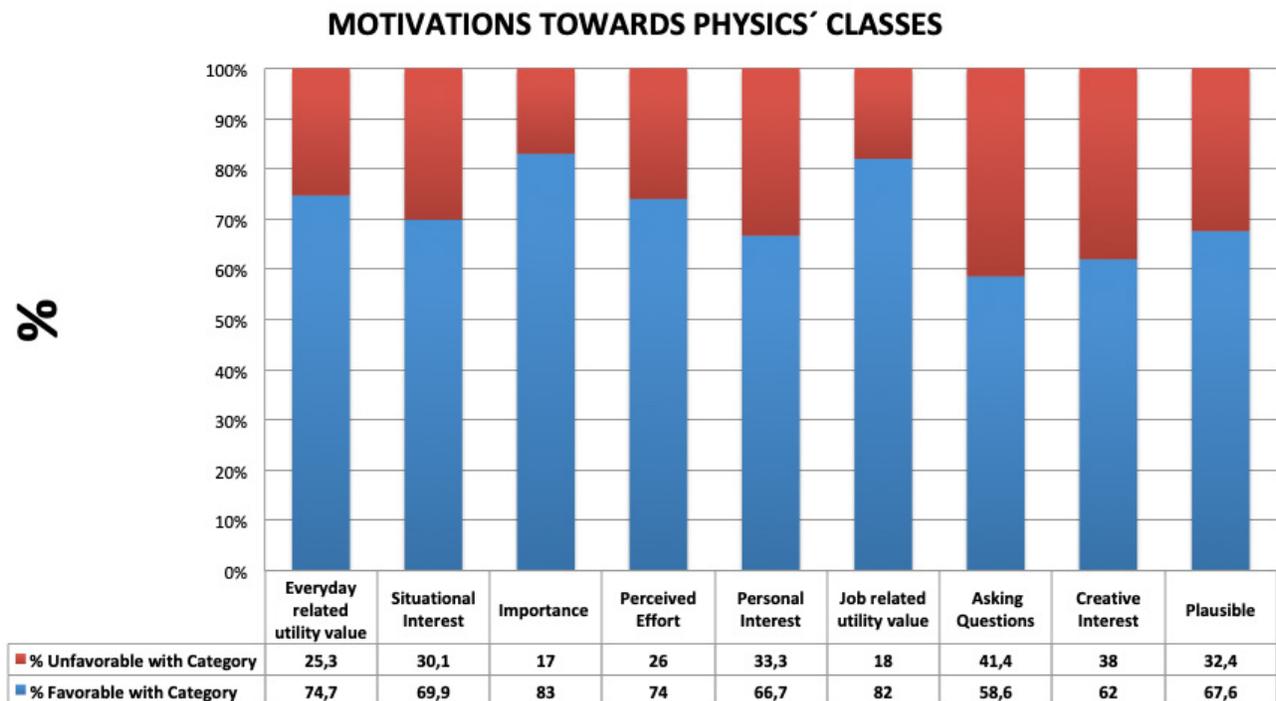


Figure 13. General findings on the motivational scale.

the construction of strategies and action plans by students, in this process a positive attitude towards the classroom is fundamental (Hammer, 1996).

The implementation of CCCs in class sessions allowed the formulation of questions in categories of scientific knowledge (physical phenomena), social knowledge, attitudes and values. This broad spectrum of questioning may enable new ways of recognising the dialogue of knowledge that must take place in physics classes. An example is the student's questioning and commentaries regarding the CCC of the anti-spy filter, which are not just rigorously related to polarisation (Roncancio and Romero, 2017), but also present valuable and critical characteristics of social behaviour. These aspects are necessary in the physics teaching process, as they contribute to the conceptual review of science as a cultural activity.

CCCs have a didactic potential associated with student questioning as they reveal relationships between scientific concepts, which are usually addressed in the physics class. In this sense, CCCs can be integrated with didactic perspectives associated with problem formulation in the classroom (Balim, İnel, İnel-Ekici and Özcan, 2016), or with research-oriented teaching approaches (Roncancio and Romero, 2017). Thus, CCCs could be used both in theoretical physics classes and in the development of laboratory work in teaching, especially by recognising that there is a high relationship between student motivation and attitudes (Eryilmaz, Yildiz and Akin, 2011) that favours their implementation.

CCCs have a pedagogical potential associated with student questioning, as they reveal relationships between interdisciplinary concepts of social order. The attitudes of the CCC characters are questioned and made susceptible of being valued, compared with personal life situations and conjectured in the context. These elements should also be used by science teachers to promote a more realistic attitude towards the natural sciences, in which subjects can discuss their attitudes towards phenomena and hence recognise science as a cultural

activity. Here, there is a possibility of strengthening learning environments and teaching methods with a view to improving attitudes towards science (Craker, 2006).

The use of CCCs in physics class is recognised as a context of motivation towards physics. According to the results of the application of the Likert scale, the average degree of favourability towards motivation is 71 %. It is important to note that no subcategory of the scale had a degree of favourability below 58,6 %.

References

- Bae, M. (2009). *Using a Motivation-based Instructional Model for Teacher Development and Students*. Michigan, EE. UU.: Universidad Estatal de Michigan.
- Balim, A. G.; İnel-Ekici, D.; Özcan, E. (2016). Concept Cartoons Supported Problem Based Learning Method in Middle School Science Classrooms. *Journal of Education and Learning*, 5(2), 272-284. <https://doi.org/10.5539/jel.v5n2p272>
- Craker, D. (2006). Attitudes Towards Science of Students Enrolled in Introductory Level Science Courses. *UW-L Journal of Undergraduate Research*, IX, 1-6.
- Ekici, F.; Ekici, E.; Ay-din, F. (2007). Utility of Concept Cartoons in Diagnosing and Overcoming Misconceptions Related to Photosynthesis. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(2), 111-124.
- Eryilmaz, A.; Yildiz, I; Akin, S. (2011). Investigating of Relationship between Attitudes towards Physics Laboratories, Motivation and Amotivation for the Class Engagement. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 59-64.
- Gutierrez, R.; Ogborn, J. (1992). A Causal Framework for Analysing Alternative Conceptions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 201-220. <https://doi.org/10.1080/0950069920140208>

- Hammer, D. (1996). The Physics Teacher. *American Journal of Physics*, 64, 13-16.
- Kabapinar, F. (2005). Effectiveness of Teaching via Concept Cartoons from the Point of View of Constructivist Approach. *Educational Sciences Theory & Practice*, 5(1), 135-146.
- Keogh, B.; Naylor, S. (1996). Teaching and learning in science: a new perspective. Presented at the BERA Conference, Lancaster. <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/000000115.htm>
- Keogh, B.; Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431-446. <https://doi.org/10.1080/095006999290642>
- Keogh, B.; Naylor, S. (2000). *Concept Cartoons in Science Education*. Cheshire, UK: Millgate House Publishers.
- Keogh, B.; Naylor, S.; Wilson, C. (1998). Concept Cartoons: A New Perspective on Physics Education. *Physics Education*, 33(4), 219-224. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/33/4/009>
- Naylor, S.; McMurdo, A. (1990). *Supporting science in schools*. Timperley: Nussbaum.
- Naylor, S.; Keogh, B. (2013). Concept Cartoons: What have we learnt? *Journal of Turkish Science Education*, 10(1), 3-11.
- Peacock, A. (1995). An agenda for research on text material in primary science for second language learners of English in developing countries. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 16(5), 389-401. <https://doi.org/10.1080/01434632.1995.9994614>
- Roncancio, J.; Romero, P. (2017). Teaching Polarization through Cartoons. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 41, 169-180. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-38142017000100169&lng=en&tlng=>
- Şaşmaz, Ö.; Meriç, G. (2014). Seventh Grade Students' Perceptions of Using Concept Cartoons in Science and Technology Course. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(2), 116-137. <https://doi.org/10.18404/ijemst.86308>
- Şengül, A.; Serap, E. (2017). The Effect of Concept Cartoon-Embedded Worksheets on Grade 9 Students' Conceptual Understanding of Newton's Laws of Motion. *Research in Science and Technological Education*, 35(1), 58-73. <https://doi.org/10.1080/02635143.2016.1248926>
- Stephenson, P.; Warwick, P. (2002). Using Concept Cartoons to Support Progression in Students Understanding of Light. *Physics Education*, 37(2), 135-141. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/37/2/306>
- Taslidere, E. (2013). The Effect of Concept Cartoon Worksheets on Students' Conceptual Understandings of Geometrical Optics. *Education and Science*, 38(167), 144-161.
- Wormeli, R. (2012). Motivating Students to Step up. *Middle Ground*, 15(4), 40-41.



Annex 1

CCC The Stove⁷



⁷ Author: Jaime Duván Reyes. Illustrator: Luis Carlos Bonilla

Anexx 2

CCC The Lightning. [®]⁸



⁸. Author: Jaime Duván Reyes. Illustrator: Luis Carlos Bonilla

Anexx 3

CCC The Anti-spy Filter⁹



⁹ Authors: Patricia Romero, Jaime Duván Reyes. Ilustrator: Miguel Angel Vallejo, English text adjustment ilustrator: Juan Carlos Bonilla.

REVISTA CIENTÍFICA

Enfoque y alcance

La *Revista Científica* publica artículos científicos, revisados por pares en el área de las Ciencias Naturales, cubriendo todos los campos de la Física, la Química, la Biología, las Matemáticas, Ciencias de la Computación, las Ciencias Ambientales y la Educación Científica. Nuestro objetivo es difundir investigaciones originales, útiles y relevantes que presenten nuevos conocimientos sobre aspectos teóricos o prácticos de las metodologías en las Ciencias Naturales y la Educación Científica. Todas las conclusiones presentadas en los artículos deben estar basadas en el estado actual del conocimiento y soportadas por un análisis riguroso y una evaluación equilibrada.

Dadas las políticas de Colciencias y los índices internacionales, solo se publicará un 30 % de artículos de miembros de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Alcance geográfico: nacional e internacional.

Políticas de sección

Artículos

1) Artículo de investigación científica y tecnológica: documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

2) Artículo de reflexión: documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico y recurriendo a fuentes originales.

3) Artículo de revisión: documento resultado de una investigación terminada donde se analizan,

sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Proceso de evaluación por pares

Los artículos convocados para la *Revista Científica* del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se someten a evaluación por parte de pares académicos, en su gran mayoría externos, nacionales e internacionales, expertos en las temáticas y bajo la modalidad de doble ciego.

Fases del proceso de revisión por pares

Fase 1: El artículo es revisado por el editor, para verificar que cumple con las políticas de la revista y las normas para autores. Los artículos que cumplen son revisados por el comité editorial para evaluar la calidad de los mismos y se seleccionan aquellos que son de investigación y revisión, para ser enviados a pares evaluadores

Fase 2: Se envía el artículo a los pares evaluadores, quienes contarán con un tiempo máximo de un mes para enviar el dictamen del manuscrito.

Fase 3: Una vez enviado el dictamen por parte de los pares, se procede a reenviar las sugerencias a los autores. Estos contarán con un tiempo aproximado de dos semanas para enviar las correcciones a partir de la fecha de envío.

Fase 4: Si las evaluaciones son positivas, el comité editorial decide la publicación del artículo. Por el contrario, si son negativas, se rechaza. En caso de un dictamen positivo y uno negativo, se envía a un tercer par y según su evaluación se tomará una decisión editorial.

Frecuencia de publicación

La *Revista Científica* tiene una periodicidad cuatrimestral. Se recibirán artículos por medio de convocatorias, los números serán visibles, *el primero de enero, primero de mayo y primero de septiembre.*

Política de acceso abierto

La revista edita sus contenidos bajo la modalidad de *Acceso Abierto*. Esta es una manera de difundir la producción académica, en la cual el acceso libre debe ser garantizado por la revista sin restricciones al momento de su publicación en línea.

Misión

La misión de la *Revista Científica* es difundir artículos originales, de calidad técnica y científica elaborados por los miembros de la comunidad académica y profesional nacional e internacional, el área de la Ciencias Naturales, así como artículos de revisión y actualización, u otros trabajos que contribuyan al conocimiento y desarrollo del país.

Proceso editorial

Recepción de artículos

Todos los artículos serán sometidos a detección de plagio por medio del software Turnitin, cuando este se detecte total o parcialmente, el texto no continuará al proceso editorial y se le notificará al autor.

Son criterios excluyentes para la aceptación de los documentos:

- El tema no corresponde al campo temático de la revista.
- No emplea el tipo de referencia y citación American Psychological Association (APA)
- No se envía el escrito en el soporte requerido (formato Word).

- El autor(es) ha publicado en el último año en la *Revista Científica*.
- El trabajo es enviado fuera de la convocatoria.
- No cumple con las normas para los autores.

Los artículos susceptibles de publicación pasarán a revisión por pares académicos, una vez estos emitan su apreciación, remitiremos las sugerencias al autor, quien deberá en un tiempo establecido por el comité editorial, ajustar el manuscrito, o si es el caso, argumentar la no realización de los ajustes.

Proceso de arbitraje

- Una vez cerrada la convocatoria el comité editorial hace una primera revisión, después de la cual, *el trabajo puede ser rechazado sin evaluación* adicional si no cumple con las políticas de la revista o se acepta para la evaluación de los pares evaluadores. Por lo anterior, no se asegura a los autores la publicación inmediata de dicho artículo. *La decisión de rechazar un trabajo es definitiva e inapelable.*
- Los trabajos pueden ser rechazados en esta primera evaluación porque no cumplen con los requisitos de redacción, presentación, estructura o no son originales o pertinentes con la revista.
- Los trabajos que son aceptados en esta primera etapa inician la evaluación mediante el proceso de “doble ciego”, los artículos son enviados a los pares expertos en el área respectiva, cuyas identidades no serán conocidas por el autor y, a su vez, los pares evaluadores tampoco conocerán la(s) identidad(es) del(los) autor(es).
- En cuanto se reciben todos los resultados de las evaluaciones, el comité editorial se reúne y define la respuesta sobre el proceso de evaluación del artículo y comunica cualquiera de las siguientes respuestas:

Aceptado para publicación sin modificaciones: el artículo se publicará tal cual se ha recibido y solo se harán correcciones de ortografía y estilo.

Aceptado para publicación con correcciones menores: el trabajo será publicado una vez los autores realicen las correcciones menores sugeridas por los evaluadores. Estas serán revisadas por el comité editorial, el cual decidirá si estas son aceptadas o no.

Rechazado: el artículo no se recomienda para publicación.

- Si el trabajo es aceptado, pero con la recomendación de hacer modificaciones, se le devolverá al (los) autor(es) junto con las recomendaciones de los árbitros para que preparen una nueva versión corregida, para lo cual dispone del tiempo que le indique el comité editorial, en un plazo máximo de 15 días calendario.
- Los trabajos se reciben por convocatoria, aquellos que lleguen una vez cerrada serán trasladados a la siguiente, y la revisión inicial se realizará una vez cierre la convocatoria.
- Los trabajos no publicados serán archivados como artículos rechazados.
- La *Revista Científica* trabaja en línea con las políticas definidas por Colciencias.

Guía para evaluadores

Los artículos sometidos a ser publicados en la *Revista Científica* serán evaluados por dos pares expertos y anónimos. Cada evaluador deberá leer atentamente el manuscrito y emitir un informe justificado y argumentado en torno a la conveniencia o no de su publicación, incluyendo sugerencias y orientaciones para su mejora cuando sea el caso.

Las dimensiones a tener en cuenta son las siguientes:

1. Claridad, relevancia y novedad del tema y del problema analizado.
2. Fundamentos (marco teórico y antecedentes).
3. Metodología y análisis de datos.

4. Estructuración del discurso (argumentación, coherencia, hilo conductor).
5. Cumplimiento de las normas de la revista (título, resumen y las palabras claves en español, inglés y portugués). Véase <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#authorGuidelines>
6. Formato, presentación y extensión.
7. Otros que considere el par.

La evaluación concluirá con una de las siguientes decisiones:

- a) Publicar sin modificaciones; b) Publicar con modificaciones; c) No publicar.

A continuación, encontrará el formato de evaluación:

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/11468>

Ética y buenas prácticas de publicación

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el Centro de Investigaciones Científicas (CIDC) y el comité editorial de la revista, con el propósito de mantener la calidad científica y académica de las publicaciones, establece los siguientes principios éticos, promulgados por el *Committee on Publications Ethics-COPE*, así como por los estándares éticos y legales del *Manual de Publicaciones* de la American Psychological Association (APA) 6ta edición. Estas buenas prácticas deben ser llevadas a cabo tanto por los autores, el comité editorial y la institución.

Responsabilidades de los autores

En caso de ser necesario, el autor debe presentar en el artículo la información pertinente (organismos de financiación, afiliación institucional, participantes, etc.) que autoriza su publicación en repositorios u otras formas de almacenamiento.

Declarar la originalidad del manuscrito, hacer uso de la información como lo demanda los derechos de autor (Decisión Andina 351 de 1993).

En caso de ser necesario, se debe garantizar que los estudios realizados en humanos u otras especies cumplen con la normatividad nacional e internacional. Para tal fin, debe presentar la prueba de consentimiento informado o aval del comité de ética.

Declarar cualquier posible conflicto de interés

El autor debe advertir al comité editorial sobre cualquier error significativo en el artículo publicado para que sea subsanado mediante una *fe de erratas*, adenda, carta al editor o retiro de la publicación.

En caso de detectarse plagio, suplantación de información u omisión de la misma, el autor está obligado a retractarse públicamente y, dependiendo de la gravedad de la falta, se estimará el retiro o corrección de la publicación.

Responsabilidad del comité editorial

El comité editorial de la *Revista Científica* actúa objetivamente en el desempeño de sus labores, evitando cualquier tipo de discriminación motivada por razones de género, sexo, religión, condición étnica o ubicación geográfica de los autores.

Establece procesos claros y transparentes para los casos de denuncia de tipo ético o de conflicto de interés. Todos los reclamos serán estudiados y se permitirá a los autores responder a ellos en un plazo razonable.

Asegura la confidencialidad de la información y de los procesos editoriales. Asimismo, evita publicar artículos que presenten las siguientes irregularidades:

- Conflicto de interés.
- Que no sean originales.
- Falsifiquen o adulteren la información.
- Publicación fragmentada.
- Con plagio o autoplagio.
- Exceso de autocitas y referencias no citadas.
- Las publicaciones de los miembros del comité editorial y el comité científico están restringidas.

Responsabilidad de la institución editora

El Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas velarán por la ejecución de buenas prácticas éticas y editoriales en todas sus publicaciones.

Identificación de comportamiento no ético

Si se detecta una mala conducta ética, la denuncia debe estar apoyada en pruebas suficientes que permitan iniciar el proceso de investigación. Se debe seguir el debido proceso, así como mantener los criterios de confidencialidad de la información. El comité editorial de la *Revista Científica* finalizará el proceso con una decisión que será informada al autor o autores implicados y se tomarán las medidas pertinentes para la resolución del caso.

Las infracciones

Leves:

Las faltas menores serán tratadas directamente con el autor para que en un plazo establecido responda a las acusaciones.

Graves:

Las faltas graves pueden requerir algunas de las siguientes acciones:

- Informar sobre la mala conducta y tomar medidas para evitar errores futuros.

- Publicación de notificación formal detallando la mala conducta.
- Publicación editorial que detalla el comportamiento no ético.
- Carta formal al autor y a la institución financiadora.
- Retracción formal o retiro del artículo, previa información al autor, servicios de indexación y lectores de los motivos de la decisión.
- Informar sobre el caso y el resultado a una organización profesional o autoridad superior para una mayor investigación y acción.

Propiedad intelectual

El (los) autor(es) al enviar su artículo a la *Revista Científica* certifica que su manuscrito no ha sido ni será presentado ni publicado en ninguna otra

revista de carácter científico. Al enviar el artículo acepta, igualmente, que para su publicación transferirá los derechos a la revista, quien puede divulgarlo en versión impresa o electrónica.

Para tal fin se encuentra dispuesto el *formato cesión de derechos de autor*, que debe ser enviado y firmado por la totalidad de los autores y en formato PDF.

Historia

La Revista fue creada en 1999 por Vicerrectoría de Investigación, Innovación, Creación, Extensión y Proyección Social, con la intención de publicar artículos relacionados con los desarrollos científicos y tecnológicos en el área de las Ciencias Naturales.

REVISTA CIENTÍFICA

Focus and Scope

The *Revista Científica* publishes peer-reviewed scientific articles in the area of Natural Sciences, covering all fields of Physics, Chemistry, Biology, Mathematics, Computer Sciences, Environmental Sciences, and Scientific Education. Our objective is to disseminate original, useful and relevant research that presents new knowledge of theoretical or practical aspects of methodologies in Natural Sciences and Scientific Education. All conclusions presented in the articles must be based on the current state of knowledge and supported by rigorous analysis and balanced evaluation.

Given the policies of Colciencias and the international indexes, only 30 % of articles by members of the Universidad Distrital Francisco José de Caldas will be published.

Geographical scope: national and international

Section Policies

Articles

1) **Scientific and technological research article:** document that presents, in a detailed way, the original results of completed research projects. The structure generally used contains four important sections: introduction, methodology, results, and conclusions.

2) **Reflection article:** document that presents the results of completed research from an analytical, interpretative or critical perspective of the author, on a specific topic, using original sources.

3) **Review article:** a document resulting from completed research in which the results of published or unpublished research in a field of science or

technology are analyzed, systematized and integrated to account for progress and development trends. It is characterized by a careful bibliographic review of at least 50 references.

Peer Review Process

All the articles will be subject to plagiarism detection through the software Turniting Detector. If there is any detection in all or part of the document, the text does not pass to editorial process and the author will be notified.

They following are the particular criteria for acceptance of the documents:

- The issue is not related to the subject area of the journal.
- It does not use the reference and citation by the American Psychological Association (APA)
- The article is not written in the required format (Microsoft Word).
- The author (s) has published in the last year in the journal.
- The article is sent out of the call due date.
- It does not meet standards for authors.

Articles that could be published will be submitted to evaluation by academic peers. Once they send their possible conclusions, we will forward those to the authors, who must deliver the article to the Editorial Board, including the suggested adjustments or the reasoning for avoiding them.

Finally, once contrasted the changes by the Editorial Board, the article is approved for publication and the author is notified about the number and the respective volume.

Publication Frequency

The Journal has three times a year periodicity the numbers circulate the months of January, May and December.

Open Access Policy

Non-profit publication

Within the editorial policies established for the journal, at any stage of the editorial process will be charges; sending articles, editing, publishing and subsequent submission of the contents are free, because the journal is a non-profit, academic publication.

Scope

The mission of the *Revista Científica* is to disseminate original articles of technical and scientific quality produced by members of the national and international academic and professional community, the area of Natural Sciences, as well as articles for review and updating, or other works that contribute to knowledge and development of the country.

Referee Guidelines

The articles submitted to be published in the Scientific Journal will be evaluated by two expert and anonymous reviewers. Each evaluator should carefully read the manuscript and issue a justified and reasoned report on the appropriateness of publication, including suggestions and guidelines for improvement.

The dimensions to take into account are the following:

1. Clarity, relevance and novelty of the subject and the problem analyzed.
2. Foundations (Theoretical framework and antecedents)
3. Methodology and data analysis.
4. Structure of discourse (argumentation, coherence, guiding thread)
5. Compliance with the rules of the Journal (title, abstract and key words in Spanish, English and Portuguese) <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#AuthorGuidelines>.

6. Format, presentation and extension.
7. Others that consider the pair.

The evaluation will conclude with one of the following decisions:

- A. Publish without modification;
- B. Publish with modifications;
- C. Not to publish.

Below you will find the evaluation format [Http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/11468](http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/11468)

Good practice and Ethical standards

With the purpose of maintaining the scientific and academic quality of publications, District University Francisco José de Caldas, the Scientific Research Center – CIDC, and the Editorial Board of the magazine, establishes the following ethical principles developed by the Committee on Publication Ethics-COPE, as well as the ethical and legal standards included in the APA's sixth edition publication guidelines. These good practices should be carried out by the authors, the Editorial Board and the institution.

Authors Responsibilities

In case of necessary, the author should submit in the Article the relevant information (funding agencies, institutional affiliation, participants, etc.) authorizing its publication in repositories or other forms of storage.

Declare the originality of the manuscript, make use of the information as demanded by copyright (Andean Decision 351 of 1993).

Certification of the originality of the paper; make use of information as demanded by copyright.

In case of necessary, ensure that studies in humans or other species comply with national and

international standards. To this end, provide proof of informed consent.

Declare any potential conflict of interest.

The author should report the Editorial Board on any significant error in the article to be corrected with the publication of an erratum, appendix, notice or correction.

In case of plagiarism, theft or omission of information, it is mandatory that the author retract publicly and depending on the seriousness of the offense, will be considered a removal or correction of the publication.

Editorial Board responsibilities

The Editorial Board of the journal acting objectively, without any sexual, religious discrimination, political, origin or ethics of the authors.

Follow proper procedures to resolve any ethical complaints or conflicts of interest. All the complaints will be subject of study and will allow the author response in a reasonable time.

Maintain the confidentiality of the data supplied and the editorial process. Also, to avoid the publication of any article with the following irregularities:

- Conflict of interest.
- Not original articles.
- Falsification or erroneous data.
- Fragmented publication.
- Containing plagiarism or self-plagiarism.
- Excessive citation or references not cited.
- Publications of the Editorial Board and The Scientific Committee are restricted.

Editor responsibilities

The Scientific Research and Development Center and District University Francisco José de Caldas

will ensure that ethical standards and good practices are fully implemented.

Identification of unethical behavior

If unethical behavior is detected, the complaint must be supported by sufficient evidence to initiate the investigation process. It must follow the due process and maintain the criteria for confidentiality of information. The Editorial Board of the journal may conclude the process with a decision that will be reported to the author involved in the situation, and the appropriate actions will be taken.

Severities of Unethical behavior

Misdemeanor: will be treated initially directly by the author in a limited period of time to answer.

Serious offense:

Serious offenses may require some of the following actions:

- Report the offense and take the steps to prevent future errors.
- Publication of formal notice detailing the unethical behavior.
- Editorial publication detailing the unethical behavior.
- Formal letter to the author and the entity supporting the research.
- Formal retraction or remove the article, having informed the author, indexing services and readers about the reasons for the decision.
- Report the case and the result to a professional organization or higher authority for further investigation and action.

Intellectual Property

The author (s) by submitting their article to the journal, certify that the paper has not been, and will be submitted or published in any other scientific

journal. By submitting the article also accepts that he will transfer the rights to the journal for the publication, who can use it in printed or electronic version.

To this end, it is available the format: Transfer of copyright, which must be sent signed by all the authors and in PDF format.

Non-profit publication

Within the editorial policies established for the journal, at any stage of the editorial process will

be charges; sending articles, editing, publishing and subsequent submission of the contents are free, because the journal is a non-profit, academic publication.

History

The magazine was created in 1999 by the Vice-Rector for Research, Innovation, Creation, Extension and Social Projection, with the intention of publishing articles related to scientific and technological development.

Directrices para autores/as

[Formato único de envío](#)

Recepción de artículos

Los artículos presentados pueden ser de carácter teórico, técnico o de aplicación, deben ser producto de una investigación, una experiencia práctica de la profesión o revisión EN EL ÁREA DE LAS CIENCIAS NATURALES, los cuales serán sometidos a un proceso de doble arbitraje ciego que evaluará la originalidad del texto, su desarrollo, la calidad de su argumentación y su relevancia. Los autores cuyos artículos sean publicados ceden los derechos a la Revista y al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y se hacen responsables de las opiniones y afirmaciones que en ellos contengan.

Envío de artículos: Los artículos deben ser enviados a través de plataforma OJS <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#onlineSubmissions>

Consideraciones para la preparación del artículo

El artículo enviado debe ser inédito (no sometido al mismo tiempo a ninguna otra revista). Los autores son responsables del contenido del documento. La autenticidad de la información incluyendo figuras, tablas y citas bibliográficas es responsabilidad completa del autor o de los autores.

Extensión: Los artículos tendrán una extensión máxima de 20 páginas incluyendo la bibliografía a **espacio 1,5** y letra Times Román 12 en formato Word.

Títulos: Sugerimos que los títulos no excedan de 15 palabras. Este debe incluir su traducción al inglés y al portugués.

Resumen: Debe mencionar el objetivo central del trabajo, metodología usada en la toma de datos, resultados más importantes y conclusiones. No debe exceder las 250 palabras y su correspondiente traducción al inglés y portugués.

Palabras claves: 5 a 7 palabras claves diferentes a las usadas en el título organizadas alfabéticamente, y su correspondiente traducción al inglés y portugués. Se recomienda el uso de tesauros específicos de acuerdo al tema del artículo. Ejemplos: The CAB thesaurus, base de Scielo.

Información de los autores: Todos los autores deben incluir sus nombres completos, la institución a la que pertenecen y el correo institucional. Ejemplo: Adriana Patricia Gallego Torres¹ Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá – Colombia. Contacto: adpgallegot@udistrital.edu.co

Gráficos y tablas: Todas las ilustraciones incluyendo fotos, diagramas, mapas y gráficas, se clasifican como figuras, incluirlas dentro del texto con su respectiva fuente, deben ir debidamente numeradas y enviarlas en un archivo adjunto en formato .jpp ó .tiff con una resolución mínima de 300 dpi. Cite cada figura y tabla en el texto de acuerdo al orden de aparición.

Bibliografía: Es necesaria y se ubica al final de cada artículo. Va ordenada alfabéticamente por el apellido del autor, debe ir en normas APA recientes.

Agradecimientos al final del texto: Indicar las fuentes de financiación y/o apoyos recibidos.

Enviar la hoja de vida de sintetizada (máximo 2 páginas) de los autores.

Por políticas editoriales la *Revista Científica* NO acepta artículos de autores que previamente han publicado durante el periodo de medición de

Publindex. Ni artículos enviados en la misma convocatoria.

Lista de comprobación para la preparación de envíos

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

1. El artículo no ha sido publicado previamente, ni se ha presentado a otra revista simultáneamente.
2. El fichero enviado está en formato Open Office, Microsoft Word, RTF, o WordPerfect.
3. Se ha incluido la información completa de los autores, filiación institucional, país, correo electrónico institucional en el formulario web, **NO en el archivo.**

NO INCLUIR DATOS DEL AUTOR EN EL TEXTO

4. Las imágenes deben estar incluidas en el texto y enviadas por separado en alta resolución.
5. **Extensión:** Los artículos tendrán una extensión máxima de 20 páginas incluyendo la bibliografía a **espacio 1.5** y letra Times Román en formato Word.
6. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las Normas para autoras/es, que se pueden encontrar en Acerca de la revista.
7. El artículo está escrito a una sola columna e incluye el título, resumen y las palabras clave traducidos al inglés y portugués.
8. El trabajo se encuentra ubicado dentro del área de las **ciencias naturales (física, química, biología, matemáticas, ciencias de la computación, ciencias ambientales y educación científica)**.
9. Adjuntar cartas de derecho autor y de originalidad.

10. Usted no ha publicado con nosotros en los últimos tres números.

11. Si no cumple con alguno de los ítems su artículo será rechazado por el comité.

Aviso de derechos de autor/a

El (los) autor(es) al enviar su artículo a la *Revista Científica* certifica que su manuscrito no ha sido, ni será presentado ni publicado en ninguna otra revista científica. Al enviar el artículo acepta igualmente, que para su publicación transferirá los derechos a la revista, quien puede divulgarlo en versión impresa o electrónica.

Dentro de las políticas editoriales establecidas para la *Revista Científica* en ninguna etapa del proceso editorial se establecen costos, el envío de artículos, la edición, publicación y posterior descarga de los contenidos es de manera gratuita dado que la revista es una publicación académica sin ánimo de lucro.

Declaración de privacidad

La *Revista Científica* se acoge a las disposiciones Hábeas Data en la Ley Estatutaria 1266 de 2008. Los nombres y direcciones de correo electrónico se usarán exclusivamente para los fines declarados por la revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.

Author Guidelines

Manuscript format

SUBMIT

Articles submitted for publication may be theoretical, technical and implementation nature, must be the result of research, practical experience of the profession or review of a specific topic related to the natural sciences, engineering, mathematics, technologies and science education, which will

undergo a double-blind arbitration process that will assess the originality of the text, its development, the quality of its reasoning and its relevance. Authors whose articles are published grant the rights to the Journal and the Center for Research and Scientific Development at the University Francisco José de Caldas and responsible for the opinions and statements they contain are made.

Shipping Item: Items must be sent through OJS platform <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#onlineSubmissions>

CONSIDERATIONS FOR ARTICLE

The paper submitted must be original (not submitted simultaneously to any other journal). The authors are responsible for the content of the document. The authenticity of the information, including figures, tables and citations is complete responsibility of the author or authors. Extension: Items have a maximum length of 20 pages including references to space and 1.5 point Times Roman 12 in Word format.

Titles: We suggest that do not exceed 15 words. This should include a translation into English and Portuguese.

Abstract: You must mention the focus of the work methodology used in data collection, most important results and conclusions. Should not exceed 250 words and its translation into English and Portuguese.

Keywords: five to seven different from those used in the title keywords organized alphabetically, and its translation into English and Portuguese. The use of specific thesauri according to the subject of the article is recommended. Examples: The CAB thesaurus, base Scielo

Authors information: All authors should include their full names, the institution to which they belong and institutional mail

Graphs and Charts: All including photos, diagrams, maps and charts, illustrations are classified as figures in the text to include with their respective Fuente, must be properly numbered and sent in an attachment .jpp or .tiff format with a resolution minimum of 300 dpi. I cite each figure and table in the text according to order of appearance.

Bibliography: Required and is located at the end of each article. It is arranged alphabetically by author's last name, you must go in recent APA standards <http://www.apastyle.org/index.aspx>.

Acknowledgements must go to the end of the text and indicate the sources of funding and / or support received.

Send the resume synthesized (maximum 2 pages) of the authors.

For editorial policies Scientific journal does not accept articles from authors who have previously posted during the measurement period Publindex. Or items shipped in the same call.

Submit on line: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>

Submission Preparation Checklist

As part of the submission process, authors are required to check off their submission's compliance with all of the following items, and submissions may be returned to authors that do not adhere to these guidelines.

1. The article has not been previously published or submitted to another journal simultaneously.
2. The file is sent in Open Office, Microsoft Word, RTF, or WordPerfect format.
3. It is included all the necessary information on the authors, institutional affiliation, country, institutional email.

4. Articles should be no longer than 20 pages including references to space 1.5 and Times Roman font in Word format. Additionally, there should be included all images in the document and in individual files.
5. The text meets the style and bibliographic requirements outlined in the Author Guidelines which can be found in "About the Journal".
6. The article is written to a single column and includes the title, keywords and abstract translated into English and Portuguese and using APA standards.
7. The article is about a research or review and refers to the research project.
8. Attach letters of copyright (derecho autor) and originality.
9. Not having published with us in the last three numbers.
10. Failure to comply with any of the items your article will be rejected by the committee.

Copyright Notice

Authors Responsibilities

In case of necessary, the author should submit in the Article the relevant information (funding agencies, institutional affiliation, participants, etc.)

authorizing its publication in repositories or other forms of storage.

Certification of the originality of the paper; make use of information as demanded by copyright.

In case of necessary, ensure that studies in humans or other species comply with national and international standards. To this end, provide proof of informed consent.

Declare any potential conflict of interest.

The author should report the Editorial Board on any significant error in the article to be corrected with the publication of an erratum, appendix, notice or correction.

In case of plagiarism, theft or omission of information, it is mandatory that the author retract publicly and depending on the seriousness of the offense, will be considered a removal or correction of the publication.

Privacy Statement

The *Revista Científica* runs under the general standards of the Habeas Data, contained in Statutory Law 1266 from 2008, for the management of information contained in the personal Databases.