

Presentación Presentation

Editorial

La forma de hacer y entender la investigación desde el grupo Neurociencias Básicas y Aplicadas (NBA)

The way to make and understand the research from the Basic and Applied Neurosciences group (NBA)

Isabel Cristina Puerta-Lopera, PhD.

Paula Andrea Montoya-Zuluaga, PhD

Olber Eduardo Arango-Tobón, MSc

Juan Diego Betancur-Arias, PhD

Artículos de Investigación Científica y Tecnológica

Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtiembre

Optimal design of the fat extraction process from the residue of the flesh derivative of the tanning process

Luis Fernando Cardona-Palacio, MSc

Valoración económica del recurso natural agua del humedal Coroncoro

Economic value of natural resource water wetland Coroncoro Villavicencio

Jorge Alejandro Obando-Bastidas, MSc.

María Teresa Castellanos-Sánchez, MSc.

Aldemar Franco-Montenegro, Esp.

Algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón paralelo segmentación de CAUCE

Algorithm for the discovery of organizational model using CAUCE pipeline parallel pattern

Humberto Díaz-Pando, PhD.

Lester Guerra-Denis, Ing.

Alex Rivero-Botta

Ronny Álvarez-Pérez

Artículos de Reflexión Analítica e Interpretativa

Métodos de búsqueda usando los algoritmos de enjambre de partículas y genético

Search methods using the algorithms: particle swarm and genetic

Jovani Alberto Jiménez-Builes, PhD.

Leidy Diana Jiménez-Pinzón, MSc.

Rafael Esteban Arango-Sanchez, MSc.

Herramienta para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados

Tool for dimensioning of isolated photovoltaic systems

Andrés Felipe Serna-Ruiz, MSc.

Edward Johan Marín-García, MSc.

Sandra Liliana-Alzate, MSc.

Oportunidad para adoptar estrategias de orientación al mercado y la orientación a la gerencia de la cadena de abastecimiento en el sector de Retail: un caso de estudio

Opportunity to adopt marketing orientation strategies and orientation to the management of the supply chain in the

Retail sector: a case of study

Ricardo Prada-Ospina, PhD.

Pablo Cesar Ocampo-Vélez, MSc.

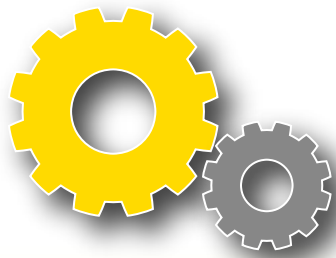
Artículos de Divulgación

El impacto de la impresión 3D en la joyería

3D printing, a huge impact in jewelry

Laura Muñoz-Mesa

Jorge Humberto Sánchez-Trujillo



UNIVERSIDAD
CATÓLICA



Facultad de
Ingenierías



©Universidad Católica Luis Amigó

Lámpsakos

N°. 16, julio-diciembre de 2016

ISSN: 2145-4086

Rector

Pbro. José Wilmar Sánchez Duque

Vicerrectora de Investigaciones

Isabel Cristina Puerta Lopera

Director de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Ramiro Antonio Giraldo Escobar

Coordinadores de Programas Ingeniería de Sistemas

Ramiro Antonio Giraldo Escobar

Daniel Rojas Rodríguez

Ingeniería Civil

Lucy Ocampo

Ingeniería Industrial

Amilkar David Álvarez Cuadrado

Arquitectura

Cordinadora del Fondo Editorial Universidad Católica Luis Amigó

Carolina Orrego Moscoso

Diagramación y diseño

Arbey David Zuluaga Yarce

Corrector de estilo

Rodrigo Gómez Rojas

Traductor

Jorge Andrés Cock Ramírez, MSc.

Contacto editorial

Universidad Católica Luis Amigó.

Transversal 51A #67 B 90. Medellín, Antioquia, Colombia.

Tel: (574) 448 76 66

www.funlam.edu.co-fondoeditorial@funlam.edu.co

Órgano de divulgación de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Católica Luis Amigó.
Hecho en Colombia / Made in Colombia.

Financiación realizada por la Universidad Católica Luis Amigó.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/issn.2145-4086>



Licencia Creative Commons Atribución- No Comercial – Compartir Igual 4.0 Internacional.

LÁMPSAKOS

Director de la revista

Jorge Andrés Cock Ramírez, MSc. Universidad Católica
Luis Amigó. Medellín, Colombia

Comité Científico

Marcelo Becker, Ph.D. Universidade de São Paulo (USP),
São Carlos, Brasil
José María Yusta-Loyo, Ph.D. Universidad de Zaragoza
(Unizar), España
Gustavo Alejandro Schweickardt, Ph.D. Universidad
Tecnológica Nacional, Concepción del Uruguay, Argentina
Bizuyayehu Abebe-Worke, Ph.D. Universidade da Beira,
Covilhã, Portugal
Aldo Pardo-García, Ph.D. Universidad de Pamplona, Norte
de Santander, Colombia
Marta Silvia Tabares-Betancur, Ph.D. Universidad EAFIT,
Medellín, Colombia
Yuri Ulianov-López, Ph.D. Universidad Autónoma de
Occidente, Cali, Colombia
Andrés Felipe Agudelo-Santamaría, Ph.D. Universidad de
Antioquia, Medellín, Colombia

Comité Editorial

Rubén Ángel Galindo-Aires, Ph.D. Universidad Politécnica
de Madrid (UPM), España
Giner Alor-Hernández, Ph.D. Instituto Tecnológico de
Orizaba, Veracruz, México
Óscar Sapena-Vercher, Ph.D. Universidad Politécnica de
Valencia (UPV), España
Amit Chaudhry, Ph.D. Institute of Engineering and
Technology, Panjab University, Chandigarh, India
Luis Fernando Garcés-Giraldo, Ph.D. Corporación
Universitaria Lasallista, Caldas (Ant), Colombia
Nazly E. Sánchez-Peña, Ph.D. Corporación Universitaria
Autónoma del Cauca, Popayán, Colombia
Nourou Khalidou Dia, Ph.D., Université des Sciences,
Technologies et de Médecin, Nouakchott, Mauritania
Henry Alonso-Colorado, Ph.D. Universidad de Antioquia,
Medellín, Colombia
Julián Alberto Patiño-Murillo, Ph.D(c), Universidad
Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

Comité de Árbitros de la Edición

Nancy Montes-Valencia, MSc., Institución Universitaria
Pascual Bravo, Medellín, Colombia
Mawency Vergel-Ortega, PhD., Universidad Francisco de
Paula Santander, Cúcuta, Colombia
Carlos Zuluaga-Domínguez, PhD., Universidad Nacional
de Colombia. Bogotá, Colombia
Juan Carlos Santamarta-Cerezal PhD. Universidad de
La Laguna Santa Cruz de Tenerife, España
Edgar Leonardo Villarreal-González, PhD., Universidad
Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
Jader Muñoz-Ramos PhD. Universidad del
Tolima, Ibagué, Colombia
Germán Daniel Rivillas-Ospina, PhD., Universidad del
Norte, Barranquilla, Colombia
Pedro León García-Reinoso. MSc., Universidad del
Quindío, Armenia, Colombia
Jhoanna Magally Garcia-Andrade, MSc., Universidad del
Tolima, Ibagué, Colombia
Jorge Mario Gaviria-Hincapié, MSc., Universidad Católica
Luis Amigó, Medellín, Colombia
Sonia Itati Mariño, MSc., Universidad Nacional del
Nordeste, Corrientes, Argentina
Oscar Gabriel Reyes-Pupo. PhD., University of Córdoba,
Córdoba, España
Daniel Borrajo-Millán, PhD., Universidad Carlos III de
Madrid, Madrid, España
Adith Bismarck Pérez-Orozco, MSc., Universidad de
Santander, Valledupar, Colombia
Éder Alonso Acevedo-Marín, MSc., Universidad Católica
Luis Amigó, Medellín, Colombia
Gabriel Jaime Correa-Henao, PhD., Universidad Católica
Luis Amigó, Medellín, Colombia
Walter Hugo Arboleda-Mazo, MSc., Universidad Católica
Luis Amigó, Medellín, Colombia
Álvaro Marín-Arcos, Esp., Enerthem S.A.S., Medellín,
Colombia
María Calle-Torres, PhD., Universidad del Norte,
Barranquilla, Colombia
Gloria Ramírez, PhD., Universidad de Antioquia, Medellín,
Colombia
Farley Sary Rojas-Restrepo, MBA., Universidad Católica
Luis Amigó, Medellín, Colombia
Marisol Osorio Beltrán, MSc., Sena, Itagüí, Colombia

Lámpsakos

La revista Lámpsakos es una publicación adscrita a la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia. Tiene por objetivo divulgar artículos originales e inéditos como resultados de investigación científica y tecnológica de las áreas de ingenierías. Fundada en 2009, la revista tiene una periodicidad semestral (se publica en junio y diciembre) con alcance nacional e internacional, tiene circulación en línea de libre acceso, bajo estándares de rigor científico y de calidad editorial.

Los temas tratados en la revista se dirigen a todas las personas de los espacios académicos, investigativos, científicos y profesionales de los diferentes sectores educativos, productivos y empresariales que desarrollan sus actividades en torno a la ingeniería.

Los trabajos que publica corresponden a aspectos de desarrollo científico, profesional y tecnológico en áreas como ingeniería informática, sistemas de información, ingeniería de requerimientos, ingeniería electrónica, ingeniería eléctrica, sistemas inteligentes, control, automatización y robótica, ciber-seguridad, ingeniería ambiental, gestión de recursos hidráulicos, gestión del agua, eficiencia energética, simulación de sistemas, investigación de operaciones, gestión del conocimiento en ingeniería, educación en ingeniería, gerencia de proyectos, control de procesos, química, desarrollo de materiales, termodinámica, mercados de la energía, física, nanotecnología, estrategias de mantenimiento industrial, modelos computacionales, urbanismo y paisajismo arquitectónico.

El proceso de publicación es gratuito y no tiene costo alguno para el autor.

Edición

Universidad Católica Luis Amigó.

Solicitud de canje

Biblioteca Vicente Serer Vicens. Universidad Católica Luis Amigó. Medellín, Antioquia, Colombia.

Para sus contribuciones

lampsakos@funlam.edu.co

<http://www.funlam.edu.co/lampsakos>

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.

Universidad Católica Luis Amigó.

Transversal 51A # 67B - 90.

Medellín, Antioquia, Colombia.

Los autores son moral y legalmente responsables del contenido de sus artículos, así como del respeto a los derechos de autor. Por tanto, estos no comprometen en ningún sentido a la Universidad Católica Luis Amigó.

La reproducción de los artículos se registrará conforme a lo descrito en Creative Commons Colombia.

<http://co.creativecommons.org>

Lámpsakos

Lámpsakos journal is a publication ascribed to the Faculty of Engineering and Architecture of the Luis Amigó Catholic University, in the city of Medellín, Colombia. It aims to divulge original and unpublished articles as a result of scientific and technological research in the areas of engineering. It is published twice a year (issued in June and December) with national and international coverage. The journal is a free access online magazine, published under standards of scientific rigor and editorial quality.

Topics covered in the journal are addressed to all persons in academic, researching, scientific and professional areas from different educational and productive sectors and firms whose activities are performed on engineering.

The journal publishes papers of scientific, professional and technological fields such as: computer science, information systems, software requirements, electronics engineering, electrical engineering, intelligent systems, control, automation and robotics, cyber security, environmental engineering, water resources management, water management, energy efficiency, system simulation, operations research, engineering knowledge management, education, engineering, project management, process control, chemistry, materials development, thermodynamics, energy markets, physics, nanotechnology, industrial maintenance strategies, computational models, urbanism and architecture.

The publication process is free and do not demand any payment to the author.

CONTENIDO

Presentación

Editorial—La forma de hacer y entender la investigación desde el grupo Neurociencias Básicas y Aplicadas (NBA) 12
Isabel Cristina Puerta-Lopera, PhD.
Paula Andrea Montoya-Zuluaga, PhD
Olber Eduardo Arango-Tobón, MSc
Juan Diego Betancur-Arias, PhD

CONTENTS

Presentation

Editorial—The way to make and understand the research from the Basic and Applied Neurosciences group (NBA) 12
Isabel Cristina Puerta-Lopera, PhD.
Paula Andrea Montoya-Zuluaga, PhD
Olber Eduardo Arango-Tobón, MSc
Juan Diego Betancur-Arias, PhD

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtición 21
Luis Fernando Cardona-Palacio, MSc

Valoración económica del recurso natural agua del humedal Coroncoro 33
Jorge Alejandro Obando-Bastidas, MSc.
María Teresa Castellanos-Sánchez, MSc.
Aldemar Franco-Montenegro, Esp.

Algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón paralelo segmentación de CAUCE 44
Humberto Díaz-Pando, PhD.
Lester Guerra-Denis, Ing.
Alex Rivero-Botta
Ronny Álvarez-Pérez

Optimal design of the fat extraction process from the residue of the flesh derivative of the tanning process 21
Luis Fernando Cardona-Palacio, MSc

Economic value of natural resource water wetland Coroncoro Villavicencio 33
Jorge Alejandro Obando-Bastidas, MSc.
María Teresa Castellanos-Sánchez, MSc.
Aldemar Franco-Montenegro, Esp.

Algorithm for the discovery of organizational model using CAUCE pipeline parallel pattern 44
Humberto Díaz-Pando, PhD.
Lester Guerra-Denis, Ing.
Alex Rivero-Botta
Ronny Álvarez-Pérez

ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN ANALÍTICA E INTERPRETATIVA

Métodos de búsqueda usando los algoritmos de enjambre de partículas y genético 52

Jovani Alberto Jiménez-Builes, PhD.

Leidy Diana Jiménez-Pinzón, MSc.

Rafael Esteban Arango-Sanchez, MSc.

Herramienta para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados 61

Andrés Felipe Serna-Ruiz, MSc.

Edward Johan Marín-García, MSc.

Sandra Liliana-Alzate, MSc.

Oportunidad para adoptar estrategias de orientación al mercado y la orientación a la gerencia de la cadena de abastecimiento en el sector de Retail: un caso de estudio 75

Ricardo Prada-Ospina, PhD.

Pablo Cesar Ocampo-Vélez, PhD.

Search methods using the algorithms: particle swarm and genetic 52

Jovani Alberto Jiménez-Builes, PhD.

Leidy Diana Jiménez-Pinzón, MSc.

Rafael Esteban Arango-Sanchez, MSc.

Tool for dimensioning of isolated photovoltaic systems 61

Andrés Felipe Serna-Ruiz, MSc.

Edward Johan Marín-García, MSc.

Sandra Liliana-Alzate, MSc.

Opportunity to adopt marketing orientation strategies and orientation to the management of the supply chain in the Retail sector: a case of study 75

Ricardo Prada-Ospina, PhD.

Pablo Cesar Ocampo-Vélez, PhD.

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

El impacto de la impresión 3D en la joyería 89

Laura Muñoz-Mesa

Jorge Humberto Sánchez-Trujillo

3D printing, a huge impact in jewelry 89

Laura Muñoz-Mesa

Jorge Humberto Sánchez-Trujillo

PRESENTACIÓN DE LA EDICIÓN 16

Para la Universidad Católica Luis Amigó es muy grato presentar el volumen 16 de la revista de la facultad de ingenierías y arquitectura, *Lámpsakos*, publicación semestral que tiene como propósito difundir conocimiento científico en todas las ramas de la ingeniería, en un contexto académico, científico y empresarial, a nivel nacional e internacional.

En el presente número contamos tres artículos de resultados de investigación, tres artículos de reflexión analítica, uno de divulgación general y la editorial.

Para nuestra editorial, los investigadores del grupo Neurociencias Básicas Aplicadas NBA, de la Universidad Católica Luis Amigó, **Isabel Cristina Puerta**, PhD, Vicerrectora de Investigación de la universidad e investigadora *Senior*, Junto con los docentes **Paula Andréa Montoya** PhD, **Juan Diego Betancur** PhD, y **Olber Eduardo Arango Tobón**, hablan de la experiencia de investigación en su grupo con categoría A de Colciencias.

En el primer artículo de resultados de Investigación, **Luis Fernando Cardona** MSc. presenta los resultados de una investigación donde se evalúa las condiciones óptimas para la producción de grasa a partir del descarte, en una empresa de curtumbres de Colombia, en un proceso de coagulación-floculación, para obtener productos útiles en otros procesos y el aprovechamiento de residuos sólidos mostrando ventajas económicas.

En el segundo artículo, **Jorge Alejandro Obando Bastidas**, MSc., **María Teresa Castellanos Sánchez**, MSc., y **Aldemar Franco Montenegro**, Esp, exponen el resultado de la estimación del valor económico del agua del humedal, aplicando el método de valoración contingente (MVC), evaluando la disposición a pagar, por parte de las familias visitantes del lugar, por un proyecto que permita el tratamiento y cuidado del agua.

En el tercer artículo de resultados de investigación, **Alex Rivero Botta**, **Ronny Álvarez Pérez**, **Humberto Díaz Pando**, PhD, y **Lester Guerra Denis**, Ing, presentan un diseño del algoritmo de minería de procesos para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón paralelo segmentación de CAUCE, donde las operaciones se ejecutan independientemente en su diseño secuencial.

En el primer artículo de reflexión analítica, **Jovani Alberto Jiménez Builes**, PhD, **Rafael Esteban Arango Sanchez**, MSc., y **Leidy Diana Jiménez Pinzón**, MSc., hacen la comparación entre dos algoritmos, genético y de enjambres, para la optimización de un problema para la toma de decisiones, buscando el menor valor. Este es un tema bastante importante en mundo de la informática, y en los modelos de optimización.

En el segundo artículo de reflexión analítica, **Andrés Felipe Serna Ruiz**, MSc, **Edward Johan Marín García**, MSc. y **Sandra Liliana Alzate**, MSc., presentan el desarrollo de una herramienta de software en Matlab, para el dimensionamiento de Sistemas

Fotovoltaicos Aislados (SFVA), mediante el análisis de diferentes modelos matemáticos encontrados en diferentes fuentes de consulta. El tema de eficiencia energética y generación limpia y amigable con el ambiente es un tema de suma importancia hoy en día.

En el tercer artículo de reflexión, **Ricardo Prada Ospina**, PhD, y **Pablo Cesar Ocampo Vélez**, PhD, presentan un análisis de una investigación referente al sector del Retail en Colombia, usando un método empírico con entrevistas semiestructuradas y revisión teórica, indagando sobre factores como Fidelidad, Servicio al Cliente, y Distribución Física. Este tema es importante para la ingeniería industrial, y en particular en temas de logística, temas donde la ingeniería tiene gran impacto en el desarrollo y competitividad de la industria.

Se presenta un último artículo, donde **Laura Muñoz Mesa**, y **Jorge Humberto Sánchez Trujillo** hablan sobre la temática de la impresión 3D, particularmente aplicado al sector de la joyería. Ellos hacen una revisión de fuentes comerciales, proveedores, foros y páginas de internet, para dar a conocer los tipos de impresión 3D y los factores que inciden en la aplicación de esta técnica en la joyería. El tema de la impresión 3D es un tema en rápido desarrollo por lo que es de mucho interés para la comunidad académica.

Con estos artículos tenemos la confianza de que estamos generando espacios para el debate investigativo y académico. Les invitamos a su lectura.

Jorge Andrés Cock Ramírez
Editor de la Revista

PRESENTATION OF THE 16 EDITION

For the Luis Amigó Catholic University is a pleasure to present the 16 issue of the Lámpsakos journal, a biannual publication of the engineering and architecture faculty, that have the purpose of broadcast the scientific knowledge in whole areas of the engineering, in an academic, scientific and business environment, at national and international level.

In the present issue, the journal show three articles of research results, three articles of analytic deliberation, one of general divulgation and the editorial.

For the editorial, the researchers of the investigation group “Basic and Aplicated Neurosciences NBA”, of the Luis Amigó Catholic University, **Isabel Cristina Puerta**, PhD (Vice-rector of research of the university and *Senior* researcher), **Paula Andréa Montoya**, PhD, **Juan Diego Betancur**, PhD, y **Olber Eduardo Arango Tobón**, talk about their research experience in their group with category A of Colciencias.

In the first article of research results, **Luis Fernando Cardona** MSc. presents the result of an investigation that evaluates the optimum conditions for the production of grease from the discard, in a company of tanners of Colombia, in a process of coagulation-flocculation, in order to obtain products useful in other processes and the use of solid residues showing economic advantages.

In the second article, **Jorge Alejandro Obando Bastidas**, MSc, **María Teresa Castellanos Sánchez**, MSc, and **Aldemar Franco Montenegro**, Esp, expose the result of the estimation of the economic

value of the water in a wetland of Colombia, applying the contingent valuation method (MVC), evaluating the willingness to pay by the visiting families of the place, for a project that allows the treatment and care of the water.

In the third article of the research results, **Alex Rivero Botta**, **Ronny Álvarez Pérez**, **Humberto Díaz Pando**, PhD, and **Lester Guerra Denis**, Ing, present a process mining algorithm design for the discovery of the organizational model using the parallel segmentation pattern CAUCE, where the operations are executing independently in their sequential design.

In the first article of Critical Analysis, **Jovani Alberto Jiménez Builes**, PhD, **Rafael Esteban Arango Sanchez**, MSc, and **Leidy Diana Jiménez Pinzón**, MSc., Show the comparison between two algorithms, genetic and swarms, for the optimization of a problem for making decisions, looking for the lowest value. This is a very important concern in the world of computing, and in optimization models.

In the second article of Critical Analysis, **Andrés Felipe Serna Ruiz**, MSc, **Edward Johan Marín García**, MSc, and **Sandra Liliana Alzate**, MSc, presents the development of a software tool in Matlab, for the sizing of Isolated Photovoltaic Systems (SFVA), through the analysis of different mathematical models found in different sources of consultation. The theme of energy and clean generation, friendly to the environment, is a matter of extreme importance today.

In the third article of Critical Analysis, **Ricardo Prada Ospina**, PhD, and **Pablo César Ocampo Vélez**, PhD, present an analysis of an investigation related to the Retail sector in Colombia, using an empirical method with semistructured interviews and theoretical revision, investigating factors such as Fidelity, Customer Service and Physical Distribution. This topic is important for industrial engineering, and in particular on issues of Logistics, where engineering has great impact on the improvement and competitiveness of the industry.

A final article is presented, where **Laura Muñoz Mesa**, and **Jorge Humberto Sánchez Trujillo** speak about 3D printing, applied particularly to the jewelry sector. They review commercial sources, suppliers, forums and internet pages, to show the types of 3D printing process, and the factors that affect the results of this technique in jewelry. The theme of 3D printing is a rapidly developing topic so it is of great interest to the academic community.

With these articles, we have the confidence that we are generating spaces for the investigative and academic debate. We invite you to read it.

Jorge Andrés Cock Ramírez
Editor of the Journal

EDITORIAL



La forma de hacer y entender la investigación desde el grupo neurociencias básicas y aplicadas (nba)

The way to make and understand the research from the basic and applied neurosciences group (nba)

Isabel Cristina Puerta Lopera, PhD

*Universidad Católica Luis Amigó
Grupo Neurociencias Básicas y Aplicadas (NBA)
Medellín, Colombia
ipuerta@funlam.edu.co*

Olber Eduardo Arango Tobón, MSc

*Universidad Católica Luis Amigó
Grupo Neurociencias Básicas y Aplicadas (NBA)
Medellín, Colombia
olber.arangoto@amigo.edu.co*

Paula Andrea Montoya Zuluaga, PhD

*Universidad Católica Luis Amigó
Grupo Neurociencias Básicas y Aplicadas (NBA)
Medellín, Colombia
paula.montoyazu@amigo.edu.co*

Juan Diego Betancur Arias, PhD

*Universidad Católica Luis Amigó
Grupo Neurociencias Básicas y Aplicadas (NBA)
Medellín, Colombia
juan.betancurri@amigo.edu.co*

(Recibido el 10-06-2016. Aprobado el 25-06-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

I. Puerta-Lopera, P. Montoya-Zuluaga, O. Arango-Tobón, J. Betancur-Arias, “La forma de hacer y entender la investigación desde el grupo neurociencias básicas y aplicadas (NBA)”, Lámpsakos, no. 16, pp. 12-20, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2272>

El funcionamiento y dinámica de los grupos de investigación reconocidos dentro de las Instituciones de Educación Superior, será coherente con las directrices y lineamientos que los estamentos de investigación determinen.

Específicamente para el caso de la Universidad Católica Luis Amigó, Funlam, la unidad de gestión responsable de direccionar la investigación, es Vicerrectoría de investigaciones. A partir de acá, cada grupo de investigación perteneciente a una Facultad específica, dinamiza la investigación.

Particularmente la Estrategia de Investigación 2022 (EI2022) de la Vicerrectoría de Investigaciones tiene como propósito facilitar la gestión de la investigación partiendo de lo contemplado en el Plan de Acción Institucional. Es a partir de la EI2022 que se indica la gestión académica y administrativa de la investigación a nivel Institucional y es partiendo de los lineamientos contemplados en la misma que los procesos y procedimientos investigativos están en correspondencia con los indicadores de la función sustantiva de investigación avistados en el Plan de Acción Institucional.

La EI2022 precisa desde la estructura académica de la investigación la manera de fortalecer esta función sustantiva con una organización y lógica en coherencia con el Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (SACES), al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colciencias y en todas aquellas resoluciones Institucionales en el marco de la investigación.

Concretamente, asume la importancia de contemplar unas áreas de conocimiento en las que se adhieren cada una de las Facultades y a partir de los resultados acumulados en diversos proyectos de investigación considera la viabilidad en la creación, al interior de las diferentes Unidades académicas, de Grupos y sus correspondientes líneas de investigación, las cuales constituyen el resultado de la trayectoria en la ejecución de proyectos en temáticas específicas. Así mismo, y con el propósito de integrar las funciones sustantivas como docencia e investigación y asumiendo la importancia de formar a estudiantes de pregrado y posgrado en competencias investigativas (pregrado y Especialización) y formar como investigadores en un área específica de las ciencias, como es el caso de estudiantes de Maestría, cada grupo y específicamente cada línea crea semilleros de investigación a partir de los cuales se articulan estudiantes de pregrado y posgrado en proyectos institucionales, en los cuales cumplen una función de auxiliares (pregrado y especialización) y responsables en la propuesta, ejecución y divulgación de los resultados de investigación (Maestría), independiente si realizan o no su trabajo de grado modalidad investigación (pregrado, Especialización) o trabajo de investigación (Maestría) al interior del proyecto.

Dentro de la Facultad de Psicología y Ciencias Sociales, uno de los grupos de investigación que soporta los pregrados y posgrados adscritos a dicha unidad académica es el Grupo de Investigación Neurociencias Básicas y Aplicadas (NBA) el cual nace en el año 2010 como una propuesta para diversificar y enriquecer los aportes investigativos en el programa de psicología. El encuentro de diferentes perspectivas teóricas y la motivación por comenzar a generar estudios empíricos en el área de neurociencias dio como resultado la creación de un semillero en neurociencias cognitivas y otro en perfiles neurocognitivos y psicología, que generaron diferentes proyectos de investigación y que dieron origen a las líneas de investigación en neurociencia social y perfiles neurocognitivos. Desde estas dos líneas de investigación se han desarrollado varios proyectos que han ge-

nerado diferentes productos de nuevo conocimiento e innovación. Por otro lado, como respuesta a la necesidad de articular las ciencias de la educación con las neurociencias, surge la línea de investigación en Neuropsicopedagogía que presentó los insumos para proponer el programa de especialización en Neuropsicopedagogía infantil y posteriormente la Maestría en Neuropsicopedagogía.

Las contribuciones en la generación de nuevo conocimiento e innovación de las tres líneas de investigación del grupo NBA, han llevado a éste a ser reconocido en el año 2010 por COLCIENCIAS y alcanzar la categoría B en los años 2014 y 2015. En el año 2016 el grupo logra la categoría A. Los diferentes productos de investigación de NBA se caracterizan por su calidad tanto con el sistema de medición de productos de Publindex como por la clasificación internacional que clasifica los artículos por cuartiles.

NBA ejecuta diferentes proyectos de investigación liderados por docentes que alimentan constantemente las líneas de investigación. Las temáticas de interés del grupo se corresponden entre otros, con lineamientos de la EI2022. Una de las líneas estratégicas que se proponen en la misma es la de responsabilidad social universitaria. En el año 2011 se ejecutó un proyecto de investigación titulado Responsabilidad Social Universitaria (RSU) de la Funlam, cuyo objetivo fue pilotear y validar cuatro instrumentos usados para la medición de dimensiones conductuales, emocionales y neurocognitivas de la responsabilidad social en estudiantes de los diferentes programas de la Funlam. Posteriormente se realizó un perfil de conductas socialmente responsables en los estudiantes. De este proyecto de investigación y en sintonía con la EI2022, se han publicado algunos artículos de investigación, se escribe un libro sobre RSU con aportes iberoamericanos y se organiza el primer congreso internacional sobre ética profesional y responsabilidad social universitaria, realizado en el mes de mayo de 2015.

Por otro lado, se han presentado y ejecutado propuestas de investigación relacionadas con el funcionamiento ejecutivo y la cognición social en personas con diagnóstico de trastorno de personalidad antisocial y la propuesta de implementar un modelo de intervención (corrección neuropsicológica) de funciones frontales en niños con retraso mental leve de la ciudad de Medellín.

En la actualidad NBA ejecuta proyectos de investigación relacionados con la validación y estandarización de diferentes instrumentos neuropsicológicos, descripción de perfiles neuropsicopedagógicos en poblaciones normales o con alguna característica neuropsicológica, conductual o emocional especial. Finalmente también se están llevado a cabo investigaciones experimentales donde se exploran las correlaciones entre el priming afectivo y los juicios morales en poblaciones normales.

El grupo declara 3 líneas de investigación, las cuales terminan soportando proyectos que responden a las intencionalidades del mismo y aportan a una de las áreas de conocimiento establecidas dentro de la Facultad de Psicología y Ciencias Sociales, específicamente las Neurociencias.

Las líneas de investigación son:

1. Neuropsicopedagogía
2. Neurociencias sociales
3. Perfiles Neurocognitivos y psicología

La EI2022 en el Capítulo IV “Dinámica de la Investigación” define una Línea de Investigación como:

“eje temático integrador de iniciativas, actividades y proyectos de investigación en un área de conocimiento específica, que se genera para atender un conjunto amplio y complejo de problemas cuyo tratamiento exige un mayor período de tiempo (continuidad), una mayor coordinación de las capacidades investigativas (articulación) y, consecuentemente, mayores resultados e impactos de la investigación (productividad), que responden a las políticas institucionales y se articulan a las demandas de la comunidad como proyección de la docencia, la extensión y la investigación” [1].

Por lo tanto, una línea de investigación desde la EI2022 se caracteriza por la productividad, continuidad y articulación.

Productividad: se refiere a la cantidad, pero también a la calidad de la producción bibliográfica (libros, artículos en revistas especializadas, trabajos en memorias de congresos científicos, etc.), tecnológica (prototipos, registros, patentes, etc.) y cultural (diseños artísticos, composiciones musicales, piezas teatrales, etc.), que se obtiene a través de los proyectos que se encuentran integrados en una línea de investigación [1].

Continuidad: se refiere a la trayectoria histórica de la línea desde el momento de su implementación, así como a la proyección a futuro que se puede prever, tanto a partir de los resultados obtenidos anteriormente, como también a partir de los nuevos desafíos que pueden suscitar los problemas tratados hasta el momento [1].

Articulación: se refiere al vínculo coherente que ha de existir entre los proyectos de investigación que forman parte de la línea, pero también al vínculo que éstos pueden tener con otras actividades académicas relacionadas con la investigación, como por ejemplo, impacto curricular en programas académicos, la asesoría de trabajos de grado, la inclusión de estudiantes en proyectos de investigación, la participación en congresos científicos, los viajes e intercambios de investigadores, la organización de eventos académicos, la edición de publicaciones, la coordinación de semilleros de investigación, etc. [1].

Líneas de investigación del grupo NBA

1. NEUROPSICOPEDAGOGÍA

Se aborda la Neuropsicopedagogía como Línea que soporta no solo los pregrados en psicología y Licenciatura en Educación preescolar, sino los posgrados en Neuropsicopedagogía, por un lado la Especialización en Neuropsicopedagogía Infantil y por otro, la Maestría en Neuropsicopedagogía, y se asume como un campo temático interesado en la solución específica de problemas multidisciplinares emergidos de la Neuropsicología, la Psicología y la Pedagogía con relación a los procesos de enseñanza-aprendizaje, una visión híbrida, con necesidad de trascender la multidisciplinariedad y alcanzar un discurso inter y transdisciplinar. Desde ésta perspectiva, es importante reconocer que en el ámbito académico investigativo, la Neuropsicopedagogía en la Funlam, es un referente que en un primer momento parte de la necesidad y demanda del medio para acompañar de manera integral los procesos escolares, lo que ha generado la necesidad de diseñar y ofertar programas académicos de posgrado que se interesen por formar en conocimiento específico de la Neuropsicopedagogía. Ello ha permitido ir ordenando y desarrollando la actividad científica de la Neuropsicopedagogía y focalizando la necesidad de realizar investigación en el ámbito, pues se asume que la posibilidad que se tiene para que la Neuropsicopedagogía trascienda la multidisciplinariedad, es a

través de los resultados de los diversos proyectos de investigación interesados en plantearse problemas relacionados con la perspectiva Neuropsicopedagógica.

Los antecedentes y la transversalidad que la línea de Neuropsicopedagogía ha tenido en la Facultad de Psicología y Ciencias Sociales de la Funlam se evidencian a través de los diversos programas y actividades académicas e investigativas adscritas a la Facultad.

En un nivel de Pregrado: cursos del área disciplinar que aportan a la formación del futuro psicólogo. Así mismo, ejercicios investigativos en semilleros de Investigación (Neuro y Psicología).

En un nivel de Posgrado: trabajos de grado, modalidad Estudio de caso y Reseña de literatura, para optar al título de Especialista en Neuropsicopedagogía Infantil. Trabajos de grado que no solo han tenido una divulgación al interior de la comunidad universitaria, sino que algunos de ellos se han presentado en eventos Nacionales y se han enviado a revistas indexadas Nacionales o Internacionales, como una manera de transferir el estado actual de conocimiento de la Neuropsicopedagogía a los campos clínico y educativo.

Adicionalmente y dadas las limitaciones para que a un nivel de especialización se realicen investigaciones que vayan más allá de organizar el estado actual de conocimiento de un área específica y presentadas las dinámicas y continua autoevaluación al interior del desarrollo de cada curso del área teórica, disciplinar, complementaria y de investigación de la Especialización, surge la imperiosa necesidad de plantear un programa con un nivel de formación de Maestría, modalidad Investigación, para generar a través de los trabajos de investigación la consolidación de la Neuropsicopedagogía como un campo interdisciplinar, cuya dinámica y resultados de investigación posibilitarán llegar a un mediano plazo, a proponer programas de Doctorado que faciliten la transdisciplinariedad de la Neuropsicopedagogía.

Actividades de extensión y proyección social: la estructura curricular del programa de psicología y particularmente el de la Especialización en Neuropsicopedagogía Infantil y dadas las limitaciones de investigaciones propiamente desde una perspectiva Neuropsicopedagógica, la comunidad académica ha venido organizando diferentes actividades de exten-

sión y proyección social con el propósito de facilitar espacios de discusión, reflexión y debate académico en torno a la Neuropsicopedagogía, tratando de superar las barreras establecidas dada la trayectoria, reconocimiento y transversalidad de la Neuropsicología Escolar, la Psicología escolar y la Psicopedagogía.

Apoyo financiero a Docentes-Investigadores para estudios de Doctorado en el área de las Neurociencias, participación en congresos, Redes y Colectivos de profundización e investigación que se ven apoyados a través del grupo de investigación NBA lo que ha contribuido a la consolidación y reconocimiento de La Facultad de Psicología y a la Escuela de Posgrados, como pionera a nivel regional y segunda a nivel Nacional en la formación de estudiantes en los niveles de posgrado, con conocimiento disciplinar, Clínico, Psicopedagógico en asuntos relacionados con la Neuropsicopedagogía.

El interés dentro de la línea de investigación puntualmente se centra en asumir que solo los resultados de las investigaciones posibilitarán que la Neuropsicopedagogía trascienda la multidisciplinariedad y evolucione a la inter y transdisciplinariedad. Será importante enriquecer el campo de conocimiento centrando los intereses investigativos en identificar el perfil neuropsicológico desde las características intraindividuales observables y analizar las mismas a partir de la reciprocidad entre factores medioambientales, biogénéticos y comportamentales. Las características individuales se dinamizan en la interacción con otros aspectos de los ambientes de aprendizaje lo que termina posibilitando los resultados académicos, procesos de aprendizaje y el desarrollo de habilidades y destrezas cognitivas [2] [3]. Así mismo y siendo coherentes con las aproximaciones conceptuales que hasta el momento se han divulgado dentro de la Neurociencia Educativa [4], el interés investigativo se centra tal y como De la Peña asume el concepto de Neuropsicopedagogía [5]:

“integraría el efecto sinérgico del conjunto de conocimientos propios de la neuropsicología y la psicopedagogía, potenciando la resultante del concepto ‘psico’ en sus más heterogéneos ámbitos de estudio. Esta Neuropsicopedagogía, a través de la comprensión del funcionamiento de los procesos mentales superiores (atención, memoria, función ejecutiva...), de las explicaciones psicológicas y de las instrucciones pedagógicas, pretende ofrecer un marco de conocimiento y acción ín-

tegro para la descripción, explicación, tratamiento y potenciación de los procesos de enseñanza-aprendizaje que acontecen a lo largo de la vida del alumno, promoviendo una formación integral con repercusiones más allá de la institución educativa y del período temporal y tipo de aprendizaje que establece como válido” [5].

La Neuropsicopedagogía no es en sí misma una teoría sobre el aprendizaje, es una perspectiva multidisciplinar que proporciona una comprensión y explicación del proceso mismo de aprendizaje y las variables psicológicas, pedagógicas y neuropsicológicas involucradas en este proceso. La Neuropsicopedagogía pretende entonces, ofrecer un campo teórico y práctico en el cual se estudien los procesos cognitivos del aprendizaje. Es probable que si se conocen y comprenden los periodos críticos en el desarrollo del cerebro y la conducta, se logre contextualizar esta información con recomendaciones concretas sobre la forma más adecuada para la adquisición de competencias para el éxito escolar de un individuo. Trascender la visión multidisciplinar posibilitará explicaciones interdisciplinarias de las complejidades de los procesos de atención, memoria, percepción, lenguaje, pensamiento, en interacción con factores escolares y afectivo-emocionales involucrados en los procesos de enseñanza y aprendizaje, explicaciones que se requieren para asumir desde una perspectiva Neuropsicopedagógica los procesos de evaluación, diagnóstico e intervención, de promoción y prevención, así como desde los referentes de cerebro, mente y ambientes de aprendizaje.

La trayectoria histórica de la línea se remite antes de estar oficialmente estructurada, pues previo a su implementación, se encuentran investigaciones y productos adscritos al grupo de investigación, a partir de los cuales se continúan planteando problemáticas que se van afinando y evolucionando a clarificar las posibles dimensiones de la Neuropsicopedagogía.

Los proyectos de investigación de la línea y en correspondencia con el estado actual de la Neuropsicopedagogía en sus referentes epistémicos y conceptuales, aborda como eje principal el proceso de enseñanza y aprendizaje en población infantil, adolescente y adultos jóvenes con relación a discursos disciplinares desde la Neuropsicología, la psicología y la pedagogía propiamente dicha.

Desde el año 2013 al 2016 los proyectos de investigación han estado encaminados a encontrar respuestas a los problemas planteados y que corresponden en menor o mayor medida a intereses Neuropsicopedagógicos desde la multidisciplinariedad, con evidentes propósitos de planteamientos de investigación que lleguen a responder desde la interdisciplinariedad al fenómeno del aprendizaje.

Dichos proyectos de investigación evidencian el estado actual de la Neuropsicopedagogía y reafirman una multidisciplinariedad, en unos solo se establece la relación entre una de las disciplinas y los procesos de enseñanza-aprendizaje y a partir de estos empieza a establecerse la importancia de abordar el desarrollo humano desde la interdisciplinariedad.

Los proyectos de investigación hasta el 2015 ejecutados por docentes investigadores y que se pueden clasificar categóricamente y en orden jerárquico según el momento de desarrollo, son las que a continuación se describen:

1. Psicometría

- A. Evaluación de componentes afectivo-emocionales
- B. Evaluación de habilidades cognoscitivas
- C. Evaluación del Neurodesarrollo

2. Perfiles Neuropsicológicos, psicológicos y pedagógicos en relación con el aprendizaje

La línea proyecta investigaciones que generen modelos explicativos y de intervención Neuropsicopedagógica en diferentes problemáticas de la población infanto-juvenil.

2. NEUROCIENCIAS SOCIALES

Las neurociencias sociales hoy en día se instalan en un campo emergente de la investigación científica en sentido estricto dentro del paradigma de las neurociencias, estas intentan explicar cómo los mecanismos neurales, endocrinos, e inmunes de las estructuras del córtex y demás componentes de la actividad cerebral, presentan una relación y su desarrollo es influenciado por los sistemas sociales-culturales, poniendo de manifiesto la importancia del cerebro social, y su configuración a partir de la atribución ecológica y sistémica.

Coherente con ello, la contextualización y formulación de esta línea de investigación en neurociencias sociales, representa un interés por parte de la comunidad académica que conforma el grupo de investigación NBA, el cual, tiene entre sus propósitos centrales, la producción de nuevo conocimiento científico, la apropiación social del conocimiento, la innovación y la formación de talento humano que se dedique a la investigación, acudiendo a las megatendencias científicas de las neurociencias. Nuestro interés desde esta línea es poder estar articulados a lo que hoy sugiere el mundo contemporáneo en términos sociales, ambientales y sistémicos, que ayuden a explicar mejor las conductas sociales y sus causas en los individuos, como también conocer la importancia de la influencia social en el desarrollo ontogénico y filogenético del cerebro humano.

El siglo XXI, se caracteriza por ser el siglo del cerebro y su estudio, lo cual estaría en completa sincronía con las intenciones que desde esta línea de investigación y las demás que conforman el grupo, se aproximan a la comprensión de la evolución del cerebro y su funcionalidad, además de la relación entre los elementos ecológicos que van más allá de lo ambiental, con la cognición, las emociones y las conductas sociales.

Bajo esta lógica entonces, las neurociencias sociales intentan establecer la relación entre algunos centros corticales y aquellas conductas, emociones y pensamientos que se despliegan durante los procesos de socialización, comunicación e interacción de los seres humanos en los distintos contextos sociales. El objetivo principal de este campo vanguardista y contemporáneo de la investigación científica en neurociencias, es buscar la explicación de cómo los cerebros humanos se representan y mantienen las relaciones sociales, mediante activaciones emocionales y la construcción de creencias cognitivas [6].

La línea de neurociencias sociales, busca desde su componente praxeológico un acercamiento estructural que amalgame las funciones sustantivas de docencia, investigación y extensión a los programas académicos, especialmente al de psicología, necesitados de una comprensión situacional, social y holística de las conductas sociales, con el propósito de que estos se puedan servir de los diferentes objetos de estudio o conocimiento que se suscitan al interior del conglomerado de asuntos problemáticos, que dan forma y constituyen la trayectoria en la línea investigativa.

Esta línea de investigación se vincula a la estrategia de formación en investigación de los actores académicos, con el propósito de fortalecer la comunidad académica de aprendizaje, al mismo tiempo busca afianzar las competencias investigativas tanto de docentes como de discentes, que se interesen en las temáticas o áreas temáticas de la línea, existe una articulación con la propuesta de formación del programa de psicología especialmente, y otros programas que pudieran retomar las contribuciones investigativas que realice esta línea, para mejorar y agregar nuevos conocimientos a la explicación de las emociones, conductas y pensamientos sociales, elementos que dinamizaran el contenido curricular de los programas académicos que se encuentren en las ciencias sociales y humanas.

Del mismo modo, la línea de investigación en neurociencias sociales, complementa y fortalece la visión e intención formadora que tiene la Funlam como institución de educación superior comprometida con el desarrollo económico y social; que desde su identidad amigoniana promueve la formación de seres humanos integrales en la búsqueda de la trascendencia, la calidad de vida y la dignidad (visión, Funlam), asuntos que se vinculan directamente a la comprensión ecológica y cerebral de las conductas sociales evolucionadas, temática de interés investigativo para la línea.

Dentro de las temáticas que le interesan a la línea se encuentran las siguientes a saber:

- Reconocimiento de la complejidad de los mecanismos subyacentes al comportamiento social [7].
- Pruebas empíricas que aclaran algunas perspectivas teóricas en conflicto sobre comportamiento social
- Aumento de la preocupación de la Psicología Social hacia la comprensión de los trastornos físicos y psicológicos [8].
- Conceptualizaciones de fenómenos sociales como el apego, la moral, los prejuicios, la cognición social y la toma de decisiones.

3. PERFILES NEUROCOGNITIVOS Y PSICOLOGÍA

La neurociencia cognitiva, como área académica se dedica al estudio de los mecanismos biológicos que subyacen a la cognición, enfocándose en el sustrato neural de los procesos mentales y su manifestación conductual. Ésta es un área que se desprende tanto de la psicología como de la neurociencia, que reúne varias disciplinas tales como la psicología cognitiva, la biopsicología y la neurobiología. Hablar de Neurociencia, implica introducirse en cada una de ellas, sin embargo la presente línea se concentrará en el estudio del comportamiento humano, desde el enfoque neuropsicológico. Por tanto a continuación se menciona a groso modo lo que se pretende desde esta disciplina.

La neuropsicología entonces, se caracteriza por ocupar un lugar intermedio entre la neurología y las neurociencias, por una parte y la psicología y las ciencias comportamentales por otra. Tiene por objetivo principal estudiar la organización de la actividad psicológica a partir del sistema nervioso [9]. Durante los últimos 100 años esto se ha llevado a cabo a través del estudio de pacientes con daño en el sistema nervioso.

Observando que los avances en las neurociencias permiten que el estudio del comportamiento humano pueda llevarse a cabo de manera más profunda, pudiendo utilizar la observación, la medición y la predicción de dicho fenómeno desde un punto de vista científico; la psicología como disciplina que se ocupa del estudio del mismo fenómeno, y que de alguna manera es precursora de la neuropsicología cognitiva, debe preocuparse por aliarse con la neuropsicología teniendo como objetivo el conocimiento del fenómeno humano desde un punto de vista holístico, oponiéndose al dualismo mente-cuerpo, que en alguna medida ha llevado a que el estudio de este complejo fenómeno se estanque y se fragmente imposibilitando una adecuada conceptualización.

La presente línea se propone entonces como una opción que va encaminada a desarrollar investigaciones que permitan la comprensión profunda y científica del comportamiento humano, teniendo en cuenta tanto lo ambiental como lo biológico.

Se espera entonces a través de la consolidación de esta línea, que surjan investigaciones que por una parte se ocupen del avance científico en el área de

la psicología y la neuropsicología; y por otro que se contribuya con los resultados encontrados en las mismas, al mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos presentes y futuros.

El objetivo de esta línea de investigación es constituirse en fuente académica e investigativa, desde la cual se generen proyectos a través de los cuales el conocimiento científico del fenómeno humano se profundice y consolide.

Teniendo en cuenta la proyección académica de la Funlam en general, con respecto a las demás instituciones de educación superior que se identifican en el país, y en particular los intereses investigativos que sin duda, son la ruta para alimentar y sostener una facultad, en tanto permite que el conocimiento avance con responsabilidad social y mejore así la calidad de vida de los seres que integran la sociedad; se encuentra la pertinencia de la creación de la línea de investigación.

Particularmente en el contexto social, se observa que la psicología es una disciplina científica que ha avanzado significativamente en los últimos 10 años; apoyada por el surgimiento de la neurociencia cognitiva en general, y en particular por el desarrollo de la neuropsicología, disciplina que surge a penas hasta el siglo XIX.

Teniendo en cuenta lo anterior, puede entreverse, que la psicología avanzará cada vez más si le apuesta a la investigación; y uno de los campos con lo que puede aliarse para éste propósito es el campo de la neurociencia cognitiva. La presente línea se fundamenta entonces en la necesidad de desarrollar investigaciones que permitan la profundización del fenómeno del comportamiento humano, teniendo en cuenta la base epistemológica del materialismo, fundamentada en el funcionamiento del cerebro. De tal forma que los proyectos de investigación que surgen en la misma están enfocados a profundizar en los perfiles neurocognitivos y la psicología del fenómeno humano.

Desde esta línea el comportamiento humano, podrá estudiarse a profundidad teniendo en cuenta el avance teórico de las disciplinas mencionadas anteriormente, las cuales no solo han logrado consolidar su marco conceptual sino que además han generado nuevas técnicas y procedimientos para hacerlo, desde una base experimental que permite observarlo, medirlo, interpretarlo y predecirlo.

Es de anotar que en el estudio de lo humano, no puede sacrificarse ninguna dimensión, es decir, se debe tener en cuenta para explorarlo e indagarlo, la dimensión social, la dimensión biológica, y la dimensión emocional; en la actualidad la ciencia está propendiendo por analizar dicho fenómeno de forma integral, por tanto es de suma importancia que los procesos investigativos que se generen en la academia, tengan en cuenta esta premisa, y este es uno de los objetivos de la presente línea de investigación.

De otra parte la línea apoya a través de los procesos investigativos que surgen, la formación de los estudiantes de pregrado; pues pretende posibilitar que aquellos que se encuentren interesados en el estudio del comportamiento humano desde la base de las neurociencias y de la psicología; puedan llevar a cabo sus investigaciones, las cuales se realizarán finalizando su ciclo profesional. Es importante aclarar, que se podrán vincular a la línea todos aquellos trabajos investigativos que se enmarquen en estudio del comportamiento humano, basados en la psicología y en la neurociencia.

Finalmente cabe anotar que la pertinencia de la presente línea de investigación se relaciona indefectiblemente con el avance de la ciencia; pues se pretende con ella proponer investigaciones que en su gestión le aporten nuevos conocimientos al campo de la psicología y de la neuropsicología; de tal forma que por una parte se pueda teorizar en estas disciplinas del conocimiento, y por otra se contribuya al mejoramiento de la calidad de vida los seres humanos, lo cual debe constituirse como uno de los objetivos primordiales del qué hacer científico.

La presente línea pretende generar procesos de investigación que se articulen con otras instituciones de educación superior por una lado; a este nivel se pretenden establecer convenios investigativos con universidades Argentinas, Mexicanas y Españolas.— En la actualidad, se encuentran cuatro proyectos de investigación que gestionaron convenios con los mencionados Países; de tal manera que aquellos fenómenos a investigar sean de interés a la diferentes comunidades académicas, y así pueda formarse coherentemente una sociedad de conocimiento, que propenda por el mejoramiento en la calidad de vida de los seres humanos.

Además se pretende establecer convenios con grupos de investigación pertenecientes a Universidades Nacionales que se interesen por el estudio de lo

humano, desde una perspectiva científica; de estos convenios la línea actualmente se encuentra participando con el grupo GESTAR, grupo que pertenece a la Universidad de San Buenaventura-Medellín y la Universidad Católica Luis Amigó.

Finalmente la línea pretende articularse a nivel social con comunidades de bajos recursos, que requieran ser tenidos en cuenta en procesos de investigación, con el objetivo de mejorar su calidad de vida; de esta forma se contribuirá desde que el hacer científico y académico al crecimiento de los seres humanos y la sociedad.

Las temáticas fundamentales de las investigaciones al interior de la línea están relacionadas con los perfiles neurocognitivos que caracterizan las personas que presentan o no, diferencias enmarcadas en los constructos teóricos de la “Normalidad” y/o “Anormalidad”, teniendo en cuenta que lo primero se relaciona con aquellos comportamientos y conductas que caracterizan al común de la población y lo segundo a aquellos comportamientos y conductas que se alejen de la media poblacional. Estos perfiles permitirán establecer características de determinadas poblaciones, con el fin de brindar por un lado nuevos conocimientos a la ciencia psicológica y neuropsicológica; que a su vez —por otro lado— provocarán que los seres humanos que integran dichas poblaciones se vean beneficiados.

Esto entonces hace referencia a que la línea no solo se ocupe de aquellas situaciones que la psicología y la neuropsicología han clasificado como síndromes o patologías que terminan en la desadaptación de los seres humanos que las padecen; si no que además se interesará por profundizar en el conocimiento del comportamiento y la conducta, de los seres humanos adaptados y considerados “Normales”. De tal forma se estudiarán aquellos fenómenos que ya se han establecido en los manuales diagnósticos y estadísticos de los trastornos mentales, como el DSM y la CIE10, como fenómenos de atención académica, médica y social; pues son denominados trastornos; y merecen ser comprendidos y tratados; pero además puedan estudiarse aquellos fenómenos que permiten la adaptación del ser humano al entorno; que permitan desarrollar procesos de profilaxis primaria, secundaria y terciaria.

En conclusión, la forma de hacer y entender la investigación desde el grupo NBA es correspondiente a la EI2022 y fundamenta como principio rector, el

planteamiento de problemas que independiente del enfoque metodológico que deba utilizarse para solucionar los mismos, se focalicen no solo en explicar-comprender los fenómenos de interés en las Neurociencias, sino que vayan en pro de soluciones a las demandas sociales.

REFERENCIAS

- [1] Fundación Universitaria Luis Amigó, Estrategia en investigación 2022 (EI2022), Medellín, Antioquia: Fondo Editorial Fundación Universitaria Luis Amigó, pp. 191, 2012.
- [2] R. C. D'Amato, F. Crepeau-Hobson, L. V. Huang, & M. Geil. "Ecological Neuropsychology: An Alternative to the Deficit Model for Conceptualizing and Serving Students with Learning Disabilities". *Neuropsychol. Rev.*, Vol. 15, No. 2, pp. 97–103, Jun. 2005. DOI: 10.1007/s11065-005-7092-5
- [3] Y. Solovieva. "Número Especial Intervención, neuropsicología, infantil: diversidad de posibilidades". *Rev. Chil. Neuropsicol.*, Vol. 9, No. 2, pp. 46–48, 2014. Disponible en: <http://www.neurociencia.cl/dinamicos/articulos/288727-rc-np2014v9ne2-ed.pdf>
- [4] U. Goswami, "Neuroscience and education: from research to practice?". *Nat Rev Neurosci*, Vol. 7, No. 5, pp. 406–413, Abr 2006. DOI:10.1038/nrn1907
- [5] C. De La Peña, "Neuropsicopedagogía. La psicopedagogía del futuro", 2005. Disponible en: <http://comunidad-escolar.pntic.mec.es/762/tribuna2.html>.
- [6] J. A. Pineda, Ed., *Mirror Neuron Systems*. Totowa, NJ: Humana Press, 2009.
- [7] A. R. Damasio, *Descartes' error: emotion, reason, and the human brain*.
- [8] S. Cohen. "Psychological Stress, Immunity, and Upper Respiratory Infections". *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, Vol. 5, No. 3, pp. 86–89, Jun. 1996.
- [9] A. Ardila and M. Rosselli, *Neuropsicología clínica: Editorial El Manual Moderno*, 2007.



Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtición

Optimal design of the fat extraction process from the residue of the flesh derivative of the tanning process

Luis Fernando Cardona Palacio, MSc

Universidad Católica Luis Amigó

Medellín, Colombia

luis.cardonapa@amigo.edu.co

(Recibido el 16-04-2016. Aprobado el 16-11-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

L. Cardona-Palacio, "Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtición", Lámpsakos, no. 16, pp 21-32, 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1903>

Resumen. En esta investigación se evaluaron las condiciones óptimas para la producción de grasa a partir del descarte en la empresa Curtimbres de Itagüí S.A., localizado en el departamento de Antioquia, Colombia. Se midieron parámetros como la temperatura, volumen de agua de cocción, tratamiento del residuo líquido mediante coagulación-floculación, para obtener productos como el clarificado que podría ser usado en los lavados de la zona de pelambre y un residuo sólido al cual se realizó un tratamiento de compostaje, demostrando ser una técnica viable y económica.

Palabras clave: optimización, variables, coagulación, floculación, grasa, clarificado, residuo sólido.

Abstract. In this research were evaluated the optimal conditions for the production of fat from removes the flesh in the Curtimbres company in Itagüí S.A., located in the department of Antioquia, Colombia. Parameters were measured as the temperature, volume of cooking water, liquid waste treatment by coagulation-flocculation, to obtain products as the clarified that could be used in the washing of the fur zone and a solid residue which was realized a composting treatment, therefore it shows to be a viable and economic technology.

Keywords: optimization, variable, coagulation, flocculation, fat, clarified, solid residue.

1. INTRODUCCIÓN

La piel constituye la envoltura natural de los animales, siendo una sustancia compleja, generalmente cubierta de pelos, lana o plumas. Los animales poseen en su piel cierta cantidad de grasa natural, la cual debe ser retirada para facilitar el proceso de curtición. Es así, como una de las actividades del precurtido es la operación de descarnado, en la cual se retira el tejido adiposo subcutáneo, por métodos manuales o mecánicos [1], siendo una etapa crucial que requiere una buena eficiencia porque conlleva a una economía en el consumo de productos químicos en la etapa de pelambre y mejoras apreciables en el área y calidad del producto final con reducciones del 30-35% y 20% de cal y sulfuro de sodio, respectivamente [2].

El residuo obtenido en el proceso de descarnado se denomina unche, el cual representa entre un 20 a un 35% del peso inicial de la piel [1]. Este residuo se caracteriza por ser rico en grasa y proteína, con un contenido aproximado de estearina alrededor del 50%, lo que abre la posibilidad de desarrollar procesos que permitan su extracción y pueda ser empleado como materia prima en jabonería o para la fabricación de emulsiones para engrase de cuero [3].

La producción de grasa a partir del unche en Colombia, es un proceso realizado por las empresas: Curtimbres de Itagüí S.A., Curtimbres Búfalo, Americana de Curtidos, Curtimbres la María y Curtimbres de Cerrito Valle, éstas han visto una oportunidad de aumentar sus ingresos mediante el aprovechamiento de este residuo, debido a que generalmente el destino final del unche son los botaderos ilegales a cielo abierto y en algunas ocasiones es vendido como fertilizante para la recuperación de pastizales, que tardan un año aproximadamente en asimilarlo. Debido a su lenta descomposición no se utiliza como abono en los cultivos comerciales [1].

El método más empleado para la obtención de grasa a partir de residuos animales, como el unche, es mediante la cocción de los mismos, en donde se separa la grasa de la carne [4] por un calentamiento durante 3 horas a 120°C y 35 psi [1], seguido de una limpieza con ácido preferiblemente ácido sulfúrico, ácido fos-

fórico, o ácido clorhídrico; de este proceso se generan dos residuos: agua de cocción y sedimentos [5]. La disposición final de los residuos son las cañerías para el agua de cocción y la aplicación de un proceso de compostaje para generar abono para el otro desecho (sedimento). El producto principal obtenido en el proceso, es la grasa, la cual es integrada al proceso productivo de industrias como cosmética, producción de concentrados para animales y elaboración de jabones entre otras, por lo tanto el unche es transformado desde un residuo indeseable a un subproducto generador de materia prima para otros procesos químicos o industriales [6].

Se realizó una investigación y análisis para la optimización de la planta de producción de grasa, en la empresa Curtimbres de Itagüí S.A. del Municipio de Itagüí, departamento de Antioquia, con el fin de establecer las condiciones más adecuadas para su obtención, evaluando parámetros como la temperatura, volumen de agua de cocción, tratamiento del residuo líquido mediante coagulación-floculación y un tratamiento de compostaje al residuo sólido.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Análisis de Muestras

La carne varía en su composición de grasa de acuerdo a la procedencia climática, raza de la res y características de almacenamiento [7]. Se realizó un análisis fisicoquímico de las muestras: el unche, los residuos de cocción, el agua de cocción, el sebo sin tratar con ácido y el sebo tratado con ácido, para conocer la composición química de dichos productos.

2.1.1. Unche

En la Tabla 1, se muestra la composición físico-química del unche, el cual presenta un alto contenido de humedad característico de este residuo, al igual que proteína y grasa, no se evidencia contenido de carbohidratos.

Tabla 1. Análisis Físicoquímico del unche.

Análisis Físicoquímico	Resultado	Método
Humedad, %	88.54	ICONTEC GTC 1(1-14-2)
Cenizas, %	2.3	ICONTEC GTC 1(3-4-1) Ed. 94 con trazabilidad a AOAC 923.03
Proteína, %	5.25	ICONTEC GTC 1(11-3-1)
Nitrógeno, %	0.68	ICONTEC GTC 1(11-3-1)
Grasa, %	3.91	ICONTEC gtc 1(6-1-1) Ed. 1994 trazable a AOAC 920.39 Ed.15
Calorías, kcal/100g	56.19	Cálculo a partir de grasa, proteína, carbohidratos
Cloruros (Expresados como NaCl) %	0.05	ICONTEC GTC 1(3-6-1)

2.1.2. Porcentaje de los residuos de cocción

En la Tabla 2, se observa un 67.78% de humedad presente en los residuos de cocción, seguido de proteína y finalmente grasa.

Tabla 2. Residuos de cocción.

Análisis Físicoquímico %	Resultado	Método
Humedad	67.78	ICONTEC GTC 1(1-14-2)
Proteína	8.08	ICONTEC GTC 1(11-3-1)
Cenizas	7.40	ICONTEC GTC 1(3-4-1) Ed.94 con trazabilidad a AOAC 923.03 Ed.16
Grasa	11.24	ICONTEC GTC, (6-1-1)

2.1.3. Agua de cocción

En la Tabla 3, se indica el contenido de sólidos totales, proteína y grasa, en el agua después del proceso de cocción.

Tabla 3. Agua de cocción.

Análisis Físicoquímico %	Resultado	Método
Sólidos Totales	4.89	ICONTEC GTC 1(1-14-2)
Proteína	1.71	ICONTEC GTC 1(11-3-1)
Grasa	1.73	ICONTEC GTC, (6-1-1)

2.1.4. Sebo sin tratar

En la Tabla 4, se presenta un contenido de 93.84% de sólidos totales, al igual que un valor de 1.01 en el índice de acidez.

2.1.5. Sebo tratado con ácido

En la Tabla 5, se indica un incremento en el índice de acidez y saponificación al compararlo con el sebo sin tratar, lo cual demuestra que en la hidrólisis ácida se liberan ácidos grasos, los cuales son determinantes en la producción de grasa.

Tabla 4. Sebo sin tratar con ácido.

Análisis Físicoquímico	Resultado	Método
Índice de acidez (Expresados como ácido oleico)	1.01	NTC 218
Índice Saponificación	178.68	NTC 335
Peroxidación (meq O ₂ /Kg)	1.90	AOAC 965.33 Ed 15
Humedad %	6.16	ICONTEC GTC 1(1-14-2)
Sólidos Totales %	93.84	EPA – 160.3

Tabla 5. Sebo tratado con ácido sulfúrico.

Análisis Físicoquímico	Resultado	Método
Índice de acidez (Expresados como ácido oleico)	9.51	NTC 218
Índice Saponificación	197.39	NTC 335
Peroxidación (meq O ₂ /Kg)	0.46	AOAC 965.33 Ed 15
Humedad %	1.37	ICONTEC GTC 1(1-14-2)
Sólidos Totales %	98.63	EPA – 160.3

2.2. Determinación de la temperatura óptima de producción de la grasa.

Se realizaron ensayos de laboratorio con unches de raza bovina, pesándolos en una balanza analítica y posteriormente se calentaron en un baño María, a una temperatura entre 50-95°C, durante 1 hora y dejando el sistema en reposo por un período de 15 minutos, el montaje se muestra en la Fig. 1. Finalmente se filtra y se pesa la grasa obtenida y se aplica la ecuación (1) para determinar el índice de grasa (I.G). El análisis se realizó por triplicado.

$$I.G. = \frac{W_{Grasa}}{W_{Unche}} \quad (1)$$

W_{Grasa} : Peso de grasa obtenida en el proceso en gramos, W_{Unche} : Peso del unche en gramos.



Fig. 1. Montaje del sistema de cocción, escala de laboratorio.

De la misma manera se realizó el proceso de cocción a escala piloto mediante el equipo que se muestra en la Fig. 2.

En la Fig. 2 se observa el reactor que funciona mediante un suministro de vapor en la parte inferior, el cual se encarga de suministrar el calor necesario para el proceso (1), una trampa de vapor (2) cuya función es descargar el condensado y una válvula (3) en el costado con el objetivo de drenar el tanque al finalizar el tratamiento.



Fig. 2. Montaje del sistema de cocción a escala piloto.

2.3. Determinación de la cantidad de agua que se debe adicionar en el proceso de cocción.

Se varió la cantidad de agua, para tal fin se fraccionó el unche en 6 partes, y se adicionaron las siguientes cantidades de agua: 5, 10, 20, 50, 100, 200 mL en un baño de María y se varió la temperatura en el intervalo óptimo durante 1 hora, con reposo de 15 minutos. Finalmente se pesó la cantidad de grasa obtenida y se aplicó la ecuación (1). El análisis se realizó por triplicado.

De la misma manera se llevó el proceso de cocción a escala piloto mediante el equipo que se muestra en la Fig. 2.

2.4. Diseño del tratamiento de agua

Al residuo líquido de la cocción se le realizó un proceso de coagulación-floculación, con el fin de purificar y reutilizar dicha agua en el proceso, ya sea en el propio descarte o para los lavados que se le realizan a la piel en la zona de pelambre.

Para tal fin se varió el volumen de coagulante 1075 usando el test de jarras a 2.5, 5, 10, 15, 25, 40 mL, cuya concentración fue de 66.5 g/L, bajo una concentración de ayudante de coagulación Exro 663 de 0.3 g/L.

Luego, se determinó la concentración óptima de coagulante; para tal fin se varió la concentración entre los siguientes valores 20, 40, 66.5, 100, 266, 400 g/L con una concentración fija de ayudante igual a 333.33 g/L.

Finalmente, se determinó la concentración óptima de ayudante de 0.01, 0.1, 0.3, 0.4, 0.5, 1 g/L con el valor de la concentración óptima de polímero. Los análisis se realizaron por triplicado.

2.5. Proceso de tratamiento de los lodos de la zona de pelambre

Inicialmente se drenó la mayor cantidad de lixiviados procedentes de los lodos de pelambre: zona de almacenamiento tanto de carnaza como pieles frescas y planta de obtención de sebo, para tal fin se utilizó drenaje por gravedad mediante un isotanque al cual se le insertó una bolsa grande de tela de rafia de polipropileno, tal como se muestra en la Fig. 3.



Fig. 3. Montaje del isotanque sin adición de lodos de pelambre.

Posteriormente, se realizó un proceso de compostaje, con el objetivo de obtener abono, y poder ser utilizado en la propia planta. Para ello, se realizó un estudio del tiempo para la obtención de abono, analizando parámetros como la temperatura, humedad,

pH, calidad del humus mediante germinación de semillas de frijoles, maíz, guama, jazmín, manzano, entre otros.

2.6. Diseño a nivel industrial del proceso de obtención del sebo

Mediante las condiciones de temperatura y tratamiento del agua de cocción, se realiza una propuesta de diseño con base en técnicas de dimensionamiento de equipos [8], con el fin de obtener la grasa, mitigando los efectos ambientales que se derivan de la producción de esta, para tal fin se empleó Microsoft Visio 2010.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Determinación de la temperatura óptima de cocción

La temperatura adecuada en el proceso de cocción se presenta en un intervalo de 70-85°C, en ella se obtiene la mayor cantidad de grasa en un tiempo de 30 minutos, tal como se muestra en la Fig. 4, 5 y 6, es de anotar que a mayor temperatura de proceso, se requiere un mayor gasto energético y por consiguiente unos mayores costos de producción [8].

El perfil de índice de grasa vs temperatura se muestra en la Fig. 6.

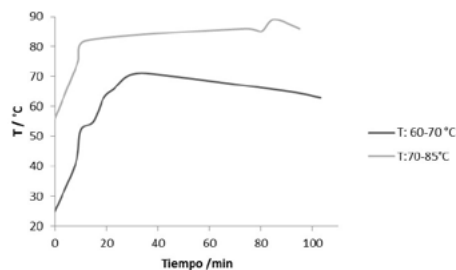


Fig. 4. Perfil de temperatura del proceso de cocción a escala de laboratorio.

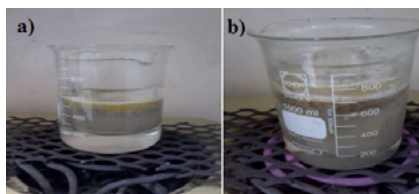


Fig. 5. Comparación del proceso de cocción a) Temperatura entre 60-70°C y b) Temperatura entre 70-85°C a nivel de laboratorio.

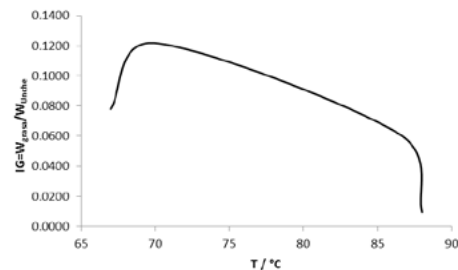


Fig. 6. Índice de Grasa vs Temperatura a escala de laboratorio.

En la Fig. 6, se observa que a una temperatura de 70°C se logra obtener la mayor cantidad de grasa, con un índice de grasa de 0.12, mientras que a temperaturas menores de 67°C la producción de grasa disminuye notablemente. En tanto que para las temperaturas entre 85-88°C y superiores ocurre un fenómeno de desnaturalización de la proteína contenida en el unche; resultados similares fueron obtenidos a escala piloto en un tiempo de 30 minutos, dicho perfil se muestra en la Fig. 7, en donde a una temperatura de 70°C se obtiene la mayor cantidad de grasa (I.G=0.1669).

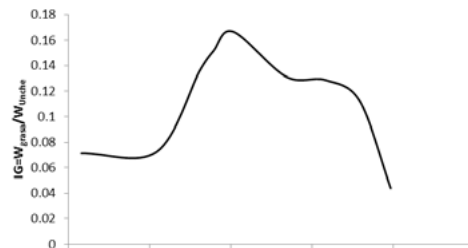


Fig. 7. Índice de Grasa vs Temperatura a escala piloto.

3.2. Cantidad de agua que se debe adicionar al proceso de cocción.

La cantidad de agua adecuada para el proceso de cocción a escala de laboratorio, se muestra en la Fig. 8, en esta puede notarse que la máxima producción de grasa es obtenida cuando el volumen de agua adicionado es de 50 mL, volúmenes mayores a éste valor consumen mayor energía y por ende mayor existe un gasto energético mas alto, incrementando así los tiempos de cocción [9].

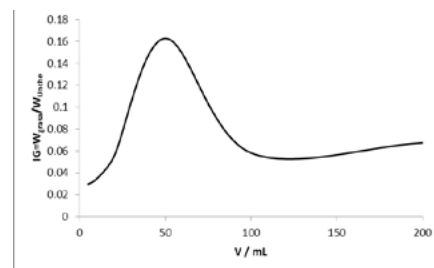


Fig. 8. Índice de grasa vs volumen de agua adicionado al proceso de cocción, escala laboratorio.

De modo similar se realizó el análisis del volumen mas adecuado de agua adicionada al proceso en el reactor a escala piloto cuyo perfil se observa en la Fig. 9, donde el volumen de agua apropiado es de 1000 mL.

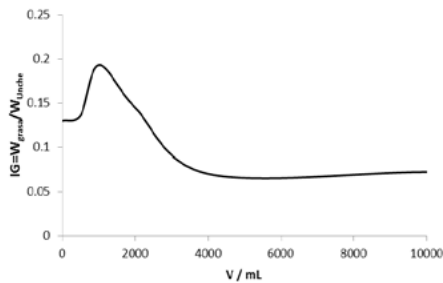


Fig. 9. Índice de grasa vs volumen de agua adicionado al proceso de cocción: a escala piloto.

3.3. Diseño de un sistema de tratamiento del agua de cocción.

Al finalizar el proceso de cocción, el residuo líquido se lleva a un proceso de coagulación-floculación obteniéndose un clarificado, el cual se reutilizará para la propia planta, siendo un método útil para la separación de partículas muy finas de naturaleza coloidal que presentan gran estabilidad en el agua. Por otra parte, los parámetros óptimos de operación en este proceso requieren ser establecidos de forma experimental [10], [23].

Se realizó un proceso de coagulación – floculación en donde se utilizó el coagulante 10075 y el ayudante de coagulación Exro 663 a una velocidad de agitación de 100-120 rpm, los cuales se agregaron al agua de cocción con el objetivo de llevar a cabo un proceso de separación, lo que conlleva a una disminución en la carga contaminante del efluente líquido. En la Tabla 6, se observa las características cuantitativas y cualitativas de dicho residuo.

Tabla 6. Características cualitativas y cuantitativas del residuo líquido de cocción.

Parámetro	Observación
Color	Gris
Densidad (g/cm ³)	1.019
T _{salida} (°C)	70-85
pH	12.34
Índice de acidez	0

La concentración adecuada de coagulante fue igual a 66.5 g/L y la concentración apropiada de ayudante de coagulación fue de 0.3 g/L, el comportamiento se relaciona en la Fig. 10.

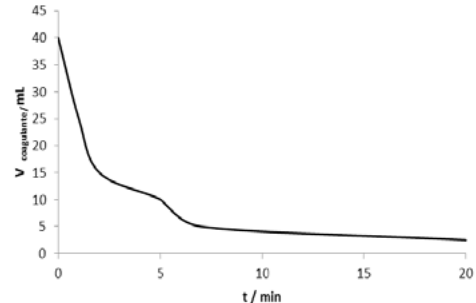


Fig. 10. Volumen óptimo de coagulante.

En la Fig. 10, el volumen más adecuado de coagulante es de 10 mL.

Posteriormente se obtuvo la concentración óptima de coagulante adicionada al proceso, variando su concentración a 20, 40, 66.5, 100, 266, 400 g/L manteniendo fija la concentración de ayudante en 333.33 g/L, dicho comportamiento se muestra en la Fig. 11.

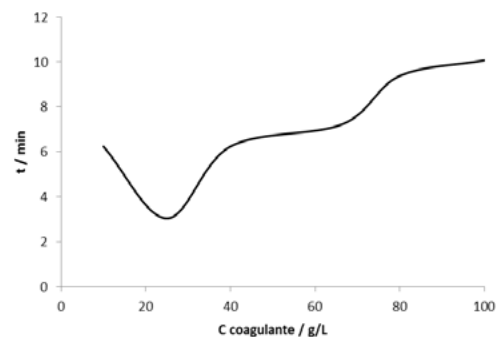


Fig. 11. Concentración óptima de coagulante.

De la Fig. 11, se nota que la concentración óptima de coagulante es de 40 g/L. Se observa que poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada, mientras que alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños, cuyas velocidades de sedimentación son bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación [21]. Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc [11], a su vez Flórez (2010), demuestra que la velocidad de agitación del equipo de clarificación está relacionada directamente con el número de colisiones entre las partículas suspendidas en el agua [12], mientras que Bermúdez (2009) indica que dicho proceso es favorecido con el incremento de la dosis de coagulante, disminuyendo la turbidez con el correspondiente incremento del porcentaje de remoción, mientras que con el pH final disminuye ligeramente cuando se incrementa la dosis de coagulante respecto a cada valor de pH inicial [10].

Tinajero (2010) demostró que la adición de un polímero mejora el desempeño del proceso, es así como el polímero que mejor desempeño tuvo fue el polímero aniónico con dosis de 1 mg/L, donde las partículas menores a 5 µm se removieron hasta un 93 %, mientras que las mayores a 5 µm fueron separadas hasta en un 96.6 % [13].

De igual manera se determinó la concentración óptima de ayudante de coagulación variando dicha concentración a 0.01, 0.1, 0.3, 0.4, 0.5, 1 g/L con una concentración de polímero de 40 g/L, tal como se muestra en la Fig. 12.

La Fig. 12 indica que la concentración óptima de ayudante de coagulación es de 0.4 g/L.

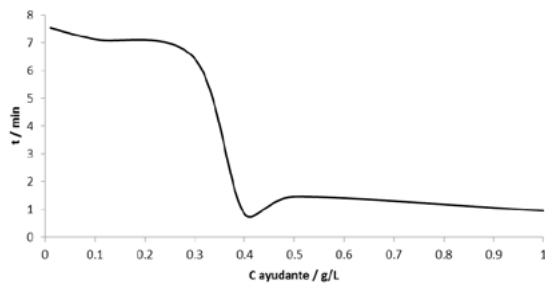


Fig. 12. Concentración óptima de ayudante.

Debido a que el clarificado obtenido posee una alta turbiedad, se requiere realizar nuevamente el proceso de coagulación; las características de este proceso se muestran en la Tabla 7 y Fig. 13.

Tabla 7. Características físicas del clarificado antes y después del proceso de coagulación.

Parámetro	Observación
Densidad antes (g/cm ³)	1.0065
Densidad después (g/cm ³)	1.0053
pH antes coagulación	12.27
pH después coagulación	12.07
Color antes coagulación	Amarillo
Color después coagulación	Verdoso.

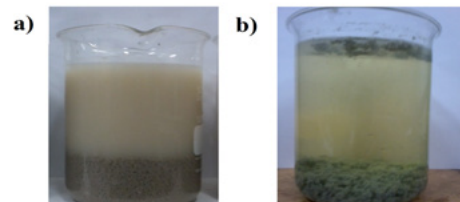


Fig. 13. Clarificado a) antes y b) después de la segunda corrida de coagulación-floculación.

3.4. Tratamiento de los residuos sólidos de la zona de pelambre.

El drenaje del agua en los lodos permite obtener un sedimento con una humedad de 50.23% a un pH de 12.35, a su vez se retira el lixiviado para poder así aplicar el proceso de compostaje. Se inició el proceso de drenaje del agua utilizando un isotanque en el cual se encontraba insertado un big-bag en su interior, esto se hizo para que por gravedad sea retirada el agua contenida en éste, dichas observaciones se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Observaciones proceso de drenaje de agua del residuo de la zona de pelambre.

Día	W _{lodos} (Kg)	Agua drenada (%)	Imágenes
1	661	0	
4	582	12	
9	527	21	
12	505	24	
13	432	34.64	

Las características cualitativas del residuo sólido obtenido del proceso de drenaje del agua se muestran en la Fig. 14.



Fig. 14. Características Cualitativas del lodo drenado.

Tabla 9. Características Cuantitativas y cualitativas del abono obtenido.

Parámetro	Observación
Olor	No Olor
Color	Café
Densidad (g/cm ³)	0.518
pH antes del compostaje	11.35
pH después del compostaje	6.87
Humedad % antes del compostaje	50.23
Humedad % después del compostaje	45.78

Con el lodo drenado de los residuos sólidos de la zona de pelambre: zona de almacenamiento tanto de carnaza como pieles frescas y planta de sebo, se realizó un proceso de obtención de abono, dado su origen orgánico, puede ser manejado mediante el compostaje [14], siendo ésta una técnica económica de realizar para el tratamiento de residuos sólidos [15], para tal fin se realizó una pila de compostaje aerobio con volteo manual cada semana para facilitar tanto la aireación de la pila como la humedad del mismo [16].

Se utilizaron hojas secas de la siguiente forma: en la parte inferior de la pila se colocaron 98.6 kg, mientras que en la parte superior se dispusieron 148.5 kg, debajo de estas hojas estaba el lodo drenado o residuo sólido con una masa igual a 432 kg. Las dimensiones de la pila fueron de 304 cm de largo y 302.4 cm de ancho, como se muestra en la Fig. 15.



Fig. 15. Pila de compostaje.

De acuerdo con Cardoso y Ramírez (1991), los desechos de la curtiduría presentan la problemática del pelo, el cual está constituido por proteínas de lenta degradación [17] por esta razón luego de 51 días de proceso de compostaje se obtuvieron 458 kg de abono. Las características cuantitativas y cualitativas se muestran en la Tabla 9.

La temperatura de la pila de compostaje durante 51 días de compostaje se muestra en la Fig. 16.

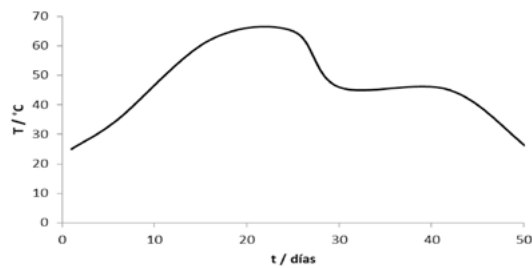


Fig. 16. Perfil de temperatura de la pila de compostaje.

De acuerdo con la Fig. 16, se registran temperaturas superiores a los 55°C lo que indica que se logró sanitización del compost. En un tiempo mayor de 10 días, las pilas superan los 40°C pasando de la etapa mesotérmica a termofílica, similares resultados fueron obtenidos por Ravindran y Sekaran (2010) [15], Cuervo (2010) [19].

Se aprecia una etapa termófila de 30 días, cuya temperatura máxima es de 65°C, de acuerdo con Mustin (1987) en Martínez (2004), sugiere etapas termofílicas más largas en la medida en que el sustrato es más difícil de degradar [18], de igual manera Cardoso y Ramírez (1991) demuestran que el composteo de lodos residuales en pila estática logra reducir en 100% la concentración de patógenos; la reducción significativa de tóxicos orgánicos, como antraceno, aldrín y la dilución de la concentración de metales pesados [11], similares resultados fueron obtenidos por Ramos y otros (2004) [19].

La humedad de la pila al iniciar el proceso de compostaje fue de 50.23% y al finalizar fue 45.78%, se mantuvo en el intervalo óptimo para su descomposición de acuerdo a lo reportado por Guerrero (2007) [16].

Con el fin de conocer si el abono cumple con ciertos parámetros de crecimiento de las plantas [24], se tomaron 12 bolsas con el abono obtenido y se le realizó una siembra de semillas: cuatro de frijol, tres de maíz, tres de guama, una de jazmín, una de manzano, en donde su crecimiento fue uniforme durante 55 días. En la Fig. 17, se evidencia el crecimiento de las anteriores semillas.



Fig. 17. Crecimiento de las plantas con el abono obtenido.

3.5. Diseño a nivel industrial del proceso de obtención del sebo.

Con el fin de realizar la optimización de los tanques es necesario evaluar: el diseño tanto de los tanques de sebo, tanque de coagulación-floculación, agitadores y bombas al igual que la red de tubería, almacenamiento del agua y válvulas necesarias para la operación del proceso.

3.6.1. Diagrama de flujo básico del proceso de obtención del sebo.

El diagrama de proceso se observa en la Fig. 18, para el cual se utilizó el programa Microsoft Visio 2010.

En la Tabla 10, se muestran los diferentes equipos con sus dimensiones básicas, [8] donde se propone realizar el proceso de cocción con la ayuda de un intercambiador de calor tipo chaqueta a una temperatura de 70°C.

Cabe resaltar que la descarga del ácido sulfúrico al tanque extractor de grasa se debe realizar lo más cerca al eje del sistema de agitación [21] debido a que de esta manera se favorece el contacto del ácido con el sebo ya que cerca del eje se crea un vórtice que actúa como túnel entre la superficie y el fondo del tanque [22].

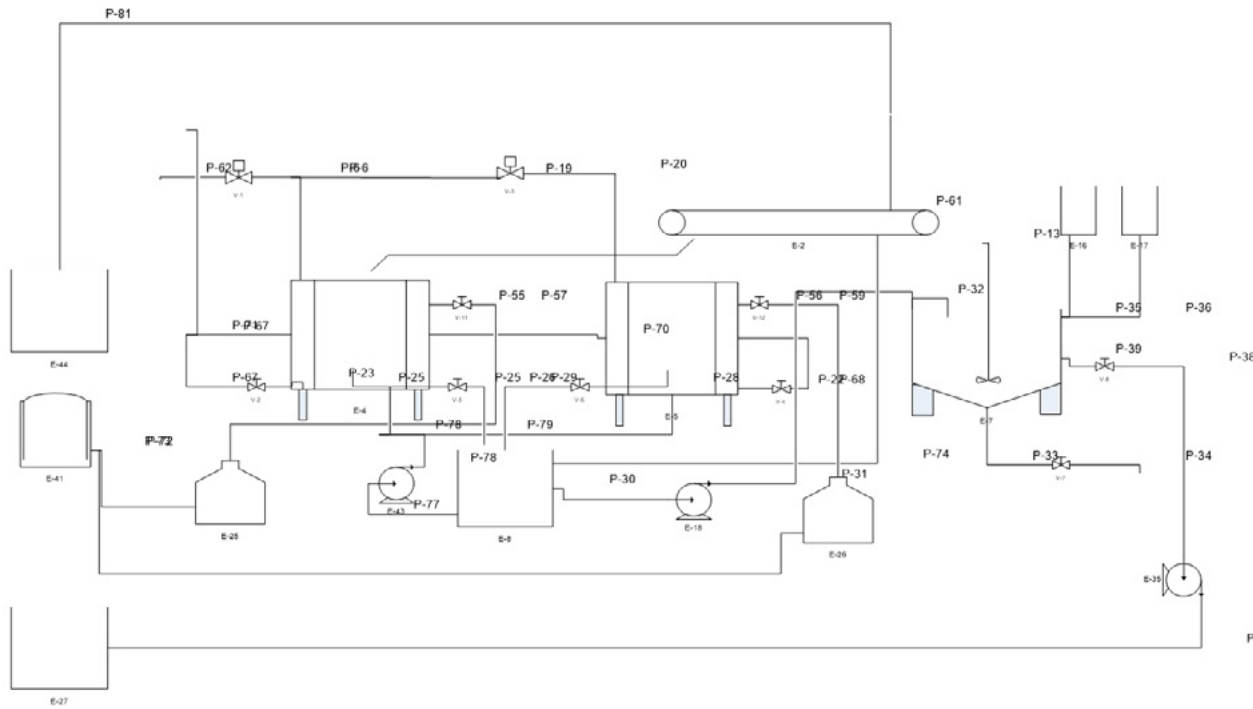


Fig. 18. Diagrama de flujo del proceso de obtención de sebo optimizado.

Tabla 10. Dimensionamiento básico del proceso de producción de sebo.

EQUIPOS						
	Descripción	Tipo	Cantidad	Capacidad		Material deconstrucción
E-2	Banda Transportadora	Perforada	1	WEje[HP]	2.0	Acero inoxidable
E-7	Tanque	Coagulación-Floculación	1	V[m3]	17.0	Acero inoxidable
E-25; E-26	Tanque	Recepción Grasa	2	V[m3]	3.0	Madera
P-32	Agitador	Tanque Coagulación-Floculación	1	WEje[HP]	2.0	Acero inoxidable
E-43;E-18	Bomba	Diafragma	2	WEje[HP]	2.0	Acero inoxidable
E-35	Bomba	Centrifuga	1	WEje[HP]	2.0	Acero inoxidable
P-23	Aislante tanques	Tanques de Proceso	2	□[cm]	0.01	Acero inoxidable
P-23; P-70	Intercambiador de Calor	Chaqueta	2	A[m²]	0.9	Acero inoxidable
V-7,11,12,	Válvula	Industrial	3	Q[m3/h]	3.0	Acero inoxidable
V-2; V-5	Válvula	Trampa de Vapor	2	Q[m3/h]	3.0	Acero inoxidable
V-1,2,8	Valvula	Control	3	Q[m3/h]	3.0	Acero inoxidable
C-1,2,3	Controladores	Nivel, Flujo	3			Acero inoxidable
E-8,27	Tanque	Pozo	2	V[m3]	30.7	Asfalto
CA-1	Canoa	Recepción del Unche	1			Acero inoxidable

4. CONCLUSIONES

Se logró mostrar a nivel de laboratorio, que en el proceso de cocción el incremento en el volumen de agua en el proceso a un valor superior de 50 mL, produce una disminución del índice de grasa de 0.16 a 0.06.

La temperatura adecuada en el proceso de cocción se presenta en un intervalo de 70-85°C, en ella se obtiene la mayor cantidad de grasa en un tiempo de 30 minutos con un índice de grasa de 0.12 a escala de laboratorio y de 0.16669 a escala piloto; mientras que el volumen de agua adecuada a escala de laboratorio fue de 50 mL en tanto que a escala piloto fue igual a 1000 mL.

Por medio del proceso de coagulación-floculación, se obtuvo un clarificado que puede ser utilizado en el proceso de lavados en la zona de pelambre.

Al residuo líquido obtenido del proceso de cocción se le realizó un proceso de coagulación – floculación en donde se utilizó el coagulante 10075 y el ayudante de coagulación Exro 663 a una velocidad de agitación de 100-120 rpm, donde la concentración óptima de coagulante fue igual a 40 g/L y la concentración apropiada de ayudante de coagulación fue de 0.4 g/L.

Se realizó un proceso de drenaje de los lixiviados del residuo sólido producido en la zona de pelambre por medio del cual se perdió 32.62% de humedad en 44 días, posteriormente se realizó un proceso de compostaje de 51 días en donde se obtuvo 458 kg de abono.

Se realizó un prototipo de planta de obtención de sebo con su diagrama de flujo y dimensionamiento de equipos a partir de los análisis de temperatura óptima de cocción y cantidad de agua que se debe adicionar al proceso de cocción, siendo este un aporte a la industria curtidora.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a Curtimbres de Itagüí S.A., prestadora de las instalaciones y laboratorio para llevar a efecto el presente artículo.

REFERENCIAS

- [1] F. Rojas. “Estudio económico-financiero del aprovechamiento de las grasas extraídas de residuos de descarte ‘Unche’ derivados del proceso de curtición en el municipio de Villapinzón-Cundinamarca”. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 2010. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3052/1/790655.2010.pdf>
- [2] C. Konrad C, B. Bichler & G. Moser G. General waste management guidelines for tanneries. Internal Report of University de Concepción (Chile). 1999.
- [3] R. Mendez, G. Vidal, K. E. Lorber & F. Marquez, “Producción limpia en la industria de la curtiembre”. Universidad de Santiago de Compostela, 2007. Disponible en: http://www.eula.cl/giba/images/contenidos/publicaciones/libros/Producci%C3%B3n_limpia_en_la_industria_de_curtiembre.pdf
- [4] Comisión Nacional del Medio Ambiente. “Fabricación de Grasas y Aceites Vegetales y Subproductos”. Ed. 1., Jul 1998. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-26410_pdf_grasas.pdf
- [5] J. Rincon, R. Garcia, and M. Betancur. “Diseño básico de un equipo para extracción de grasa a partir del proceso del descarte”. Revista Investigaciones Aplicadas. Vol. 4, No.2, pp. 87-96, 2011. Disponible en: <https://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas/article/view/830>
- [6] F. Temelli. “Perspectives on supercritical fluid processing of fats and oils”, J. of Supercritical Fluids, vol. 47, no. 3, pp. 583-590, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2008.10.014>
- [7] J.M. Adzet. Química y Técnica de la Tenería. Procesamiento de Pieles, Romanyá Nalls, Barcelona, 1985.
- [8] C. Henao, Simulación y evaluación de procesos químicos herramientas básica. Univ Pontificia Boli, 2006.
- [9] Instituto de investigación y desarrollo de procesos químicos – Ing Química- UMSA. “Aprovechamiento de residuos grasos de matadero y curtiembres”. pp. 12, 2004.
- [10] X. Cabrera, A. M. Contreras & M. Fleites-Ramirez. “Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil ‘desembarco del Granma’ a escala de laboratorio”. Tecnología Química, Vol. 29, no. 3, pp. 64–73, May 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2224-6185.2009.3.%25x>
- [11] Y. Andía. C. “Tratamiento de agua: coagulación y floculación”, SEDAPAL, pp.17, 2000. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

- [12] J. M. C. Flórez. "Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso del hidróxido de aluminio". *Dyna*, vol. 78, no. 165, pp. 18–27, 2011. URL: revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636
- [13] A. Tinajero, J. Magaña, A. Chávez & B. Jiménez. "Determinación del cambio de distribución de las partículas de acuerdo a la dosis de coagulante y floculante aplicado en un proceso fisicoquímico". Instituto de Ingeniería, Grupo de Tratamiento y Reúso. UNAM, pp.1-6, 2002. Disponible en: <http://bvspser.paho.org/bvsaidis/mexico13/043.pdf>
- [14] G. Íñiguez, R. Rodríguez & G. Virgen. "Compostaje de material de descarte y aguas residuales de la industria curtidora". *Rev. Int. Contam. Ambient*, pp. 113-123, 2006. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37022302>
- [15] B. Ravindran & G. Sekaran. "Bacterial composting of animal fleshing generated from tannery industries". *Waste Management*, pp. 2622–2630, 2010. DOI: 10.1016/j.wasman.2010.07.013
- [16] J Guerrero E. & J. A. Monsalve. "Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado". *Sci. Tech.*, vol. 1, no. 34, pp. 595-600, May 2007. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934101>
- [17] C. V. Lina, R. C. Esperanza. "Tratamiento y aprovechamiento de curtiduría por composteo y vermicomposteo". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 1-11, 1991. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0137.pdf>
- [18] N. Figueredo. "Estudio del proceso de compostaje de los lodos producidos en la operación de pelambre en la industria de curtido de pieles", 2010. Disponible en: http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W4-2_GEN_PHD_Articulo-Compostaje_Pelambre_-_Cuervo.pdf
- [19] S. M. Contreras-Ramos, D. Alvarez-Bernal, N. Trujillo-Tapia & L. Dendooven. "Composting of tannery effluent with cow manure and wheat straw". *Bioresource Technology*, pp. 223-228, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.12.001>
- [20] Y. Andía C. "Tratamiento de agua: coagulación floculación". SEDAPAL, pp. 1-44, 2000. [Online] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/andia.pdf>
- [21] I. Bouwmans, A. Bakker & D. Van, H.E.A. Akker. "Blending liquids of differing viscosities and densities in stirred vessels". *Institution of Chemical Engineers*, pp.777-783, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1205/026387697524443>
- [22] S. Bhattacharya & S. M. Kresta. "Reactor performance with high velocity surface feed". *Chemical Engineering Science*, pp. 3033-3043, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2005.10.070>
- [23] G. Lofrano, S. Meriç, G. E. Zengin & D. Orhon. "Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review". *Science of the Total Environment*, pp. 265-281, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.004>
- [24] N. de J. Moraes, V. P. da Costa Neto, A. S. F. de Araújo, M. do V. B. Figueiredo, A. Bonifacio, & A. C. Rodrigues, "Bradyrhizobium sp. inoculation ameliorates oxidative protection in cowpea subjected to long-term composted tannery sludge amendment". *Eur. J. Soil Biol.*, vol. 76, no. 76, pp. 35–45, Sep. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.07.006>



Valoración Económica Del Recurso Natural Agua Del Humedal Coroncoro De Villavicencio

Economic Value Of Natural Resource Water Wetland Coroncoro Villavicencio

Jorge Alejandro Obando Bastidas, MSc.

*Universidad Cooperativa de Colombia
Villavicencio, Colombia
jorge.obandob@campusucc.edu.co*

María Teresa Castellanos Sánchez, MSc.

*Universidad de los Llanos
Villavicencio, Colombia
maytcas72@gmail.com*

Aldemar Franco Montenegro, Esp.

*Universidad Cooperativa de Colombia
Villavicencio, Colombia
aldemar.franco@campusucc.edu.co*

(Recibido el 19-04-2016. Aprobado el 16-11-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

J. Obando-Bastidas, M. Castellanos-Sánchez, A. Franco-Montenegro, "Valoración económica del recurso natural agua del humedal Coroncoro de Villavicencio", Lámpsakos, no. 16, pp 33-43, 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1921>

Resumen. El humedal el Coroncoro es un humedal urbano, con vegetaciones nativas al interior de lugares pantanosos con agua dulce aun reparable y tratable, para ser aptas al consumo. El estudio tuvo como objetivo la estimación, en términos monetarios del valor económico del agua del humedal, aplicando el método de valoración contingente (MVC), bajo la pregunta de disposición a pagar por un proyecto que propenda por el cuidado y tratamiento que mejoraría la calidad del agua del lugar mencionado. Durante 4 meses, se encuestaron a 360 persona que visitaron el humedal. Se concluye que la disponibilidad a pagar (DAP) por las familias visitantes al humedal por la consecución del proyecto que permitiera el cuidado y tratamiento del agua del humedal, es significativa a un 85%, con entradas que registran hasta los \$5000 pesos colombianos por persona. De esta manera el valor económico para la realización de este proyecto es altamente rentable.

Palabras clave: Valoración contingente. Logit Probit, Humedales, Valor económico.

Abstract. The wetland Coroncoro is an urban wetland with native vegetation into marshy places with fresh water even reparable and treatable, is safe for human consumption. This research aimed to estimate in monetary terms of the economic value of wetland water, applying the contingent valuation method (CVM), under the question of willingness to pay for a project that aims for care and treatment that will improve quality water of mentioned place. During 4 months, a survey of 360 people who visited the wetland was taken. It is concluded that the willingness to pay (WTP) for visiting families to wetland achieving the project that would allow the care and treatment of water from the wetland, is significant at 85%, with entries that recorded up to \$5000 Colombians pesos per person. Thus the economic value for the realization of this project is highly profitable.

Keywords: Contingent valuation, Logit Probit, Wetlands, economic value

1. INTRODUCCIÓN

Una mirada a los resultados de laboratorio del agua del humedal, realizados en la universidad de los Llanos de Villavicencio Meta, muestra que el agua del humedal posee niveles de calidad de potabilidad altos. Así mismo la técnica por vaciado en placa, que consiste un conteo de colonias desarrolladas en el agua después de 48h de incubación a 35° C y el método de Coliformes totales y Coliformes fecales. Estos métodos indican que existe un alto riesgo de consumo del agua del humedal, debido a la presencia de estos microorganismos. Estos resultados ameritan una mirada que desde la valoración económica impulse un proyecto que propenda por la conservación, limpieza y pureza del agua de tal manera que con seguridad esta pueda ser consumida sin temor alguno.

El humedal el Coroncoro de Villavicencio ha sufrido un gran desgaste y agotamiento del recurso natural “agua”. La contaminación a causa de desechos físicos y químicos concentrados por las basuras depositadas allí, dan inicio al deterioro de este recurso natural. Pese a que la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA) por medio de Acuerdo N° 0019 de 2010, declara esta área como el “Parque Ecológico Humedal Coroncoro” y a su vez lo integra al Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SINAP; es preocupante observar que el agua del humedal está siendo contaminada con aguas residuales de viviendas ubicadas a sus alrededores.

Las aguas y todos los demás componentes del humedal se degradan, el excesivo o insuficiente desarrollo económico, desde la mirada de Machin [1], se constituye en una de las razones del deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales, de la misma manera el crecimiento de la población, la extensión de los asentamientos humanos y la industrialización provocan creciente contaminación en los factores físico-naturales.), la expansión física de los pueblos y el crecimiento exponencial de la población. tiempo.com [2]. El diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) advierte sobre el vertimiento de aguas domiciliarias y comerciales, el arrojo de basura y escombros, la presencia de caballos y ganado en las reservas y el robo de fauna silvestre son los factores que tienen en riesgo al humedal.

García & Silva [3] muestra como la intervención humana en la dinámica ecológica de los humedales, está determinada por actividades de sobreexplo-

tación de recursos naturales, expansión agrícola y ganadera, introducción de especies invasoras, contaminación del agua, urbanización, deforestación, caza de animales silvestres, crecimiento poblacional, mal manejo de residuos sólidos, siendo esta una realidad que se observa en el interior del humedal el Coroncoro de Villavicencio.

El humedal Coroncoro hace parte de la gran ecoregión de los llanos orientales de Colombia (Orinoquía). Es fuente de nacimiento de ríos y quebradas, en especial de la Gran Cuenca del Río Guatiquía. Es un humedal dentro de la ciudad de Villavicencio por lo que clasifica como un humedal de carácter urbano. El agua es uno de los componentes más importantes en este ecosistema, aquí nacen la microcuenca de Caños Negros que tiene un recorrido de 29 kilómetros desembocando en el río Ocoa.

Monroy, et al. [4], citando a Hardin [5] establece que “la tragedia de los asentamientos se ve reflejada en los problemas de contaminación por ejemplo, residual, química, radiactiva y desechos usados y depositados en el agua”, el recorrido del humedal muestra desde el comienzo hasta su final la mala relación del hombre con el agua, es notoria, la degradación y el deterioro de sus orillas provocada por su intervención directa. El hombre racional descubre que descargar los desechos en los bienes comunes es menos costoso que purificar sus desechos antes de liberarlos. [4] de ahí que contamina sin racionalidad.

El objetivo que se persigue en la presente investigación es estimar el valor económico del recurso natural agua del humedal el Coroncoro de Villavicencio, buscando la probabilidad de pago, por la implementación de un proyecto que garantice el cuidado del agua en este humedal, haciendo uso del método de valoración contingente (MVC). Los objetivos específicos fueron: a) estimar la disposición a pagar (DAP), por visitantes y moradores del lugar; b) analizar la influencia de variables explicativas, comparar resultados de signos esperados con la regresión logística y; c) establecer un valor cercano a la realidad por la entrada al humedal de tal manera que se garantice que quien contamine pague lo que daña.

2. MARCO TEORICO

Se destaca al interior de este marco teórico referentes que dan importancia al recurso natural agua, la importancia de valorar con el método de valoración contingente a los diferentes recursos naturales, en especial al agua.

2.1. El agua como recurso indispensable

El agua es una responsabilidad compartida por todos [6], actualmente la crisis mundial por la escasez física del agua hace pensar que se ha fallado a todo nivel en este concepto de responsabilidad por el cuidado del agua. El agua es un derecho natural. “Los derechos sobre el agua como derechos naturales no surgen con el Estado; evolucionan de un contexto ecológico dado la existencia humana” [7, p, 150].

La insistencia por la protección de los espacios naturales en donde fluye el agua ha sido una constante. [8], llaman la atención en el uso del agua y su escases que va en aumento, indicando que actividades como la agricultura consume la mayor parte de los recursos hídricos imprescindible para abastecer de alimentos a la humanidad y contribuir a resolver problemas de ambruna, por su parte Padron y Cantu [9], muestran que el agua es un recurso natural relacionado directamente con la calidad de vida de la población señalando que la escasez del agua, es el resultado del crecimiento económico y demográfico.

La importancia del uso del agua por parte del hombre ha sido testificada por varios autores. [10], [11], [12] coinciden en que el agua dulce es el recurso natural del planeta que por excelencia es indispensable para la existencia humana, es concretamente un derecho humano y un elemento esencial de la soberanía de un país. Por su parte [12] destaca que somos agua y que eso lo hace supremamente importante en la vida humana (y del resto de vidas) con una fuerza inaudita. Desde un punto de vista de gobernabilidad, Navarro [13] muestra como el agua se constituye en una cuestión política de gran importancia, ya que de esta depende el desarrollo y la subsistencia de las sociedades.

2.2. Importancia de la valoración económica

Lambert [14], define la valoración económica como un acercamiento a un valor cuantitativo y monetario a los bienes y servicios brindados por los recur-

sos naturales en un mercado hipotético. Desde este punto de vista el hecho de que los bienes ambientales carezcan de un mercado, hace difícil que los miembros de una sociedad valoren un recurso natural. [15]. Considerando la posición de Velasco [16] el valor económico es un resultado de la interacción entre el medio natural y la sociedad, para ello se requiere de una unidad común de medición, asociados a este tipo de bienes. En este sentido la valoración económica es una herramienta que busca el desarrollo sostenible, formulando políticas de protección con la intención de revelar un valor verdadero. [17]

Novoa [18] propone la valoración económica, como un simple ejercicio en donde se asignan precios a los recursos naturales, buscando establecer parámetros de costo-beneficio, por su parte Azqueta [19] mira a la valoración económica como un recursos para encontrar una medida monetaria, bajo la generación de flujo de bienes no mercadeables derivados de los recursos naturales, como el agua, así [20] establece que este recurso natural no tiene mercado, no tiene precio, pero sí tiene valor, siendo la valoración económica una alternativa de protección de los humedales en el mundo entero.

Finalmente, [11] considerara que los bienes especiales como los recursos naturales hace distante la intervención de los razonamientos económicos, en este sentido Hernández [17] muestra como la valoración económica de bienes y servicios ambientales es una contribución en a la percepción económica al interior de un proceso de toma de decisiones en espacios naturales. Por su parte Riera [21] agrega desde la gobernabilidad un punto de importancia a la valoración económica ya que argumenta que las autoridades competentes pueden imponer sanciones para quien dañe un recurso natural, que ha sido valorado económicamente.

2.3. El metodo de la valoracion contigente

La imposibilidad de ser valorados económicamente a través de mercados definidos, los bienes y servicios ambientales, como el agua, para Garzón [22] justifica la implementación de metodologías como la valoración contingente, siendo esta una de las metodologías más utilizadas tal como lo señalan, [23], y [24]

Kriström & Riera [25], consideran que este método es una técnica de muestreo, diseñada para abordar desde la empírea cuestiones relativas a la asignación de recursos, en concordancia Caula & Nobre-

ga [26] establecen que el método permite otorgarle valor económico a un bien ambiental a través de la evaluación establecida en una encuesta.

Es importante la visión de Garzón [22] ya que considera que la utilidad del método es importante y variada ya que puede ser empleada por las regiones y países en la evaluación de iniciativas. La valoración económica por medio del MVC, también propende por la conservación de las áreas protegidas ([27]; [28]; [29]) en función de la conservación de la diversidad biológica y el potencial turístico, buscando como lo afirma Ortega, et, al [30] la disponibilidad a pagar por mejoras en la calidad del medio ambiente. Mediante la disposición a pagar (DAP) se recoge un dinero que aporta una persona en pro de mejoras a un recurso natural en este caso el agua.

Herrador & Limas [31], Perdiguier [32], Mitchel & Carson [33] y Riera [34] definen el método de valoración contingente partiendo de la simulación de un mercado, en donde se aplican encuestas a personas que hacen uso de los servicios ambientales. La encuesta pregunta por la cantidad máxima de dinero que se dispone para pagar por un servicio, como si fuera un bien del mercado común. En este modelo la persona encuestada representaría la demanda y el encuestador la oferta. La disposición a pagar es una regla útil en la evaluación de la factibilidad económica de un proyecto. [35]

3. AREA DE ESTUDIO

El Humedal Coroncoro, se encuentra ubicado en el barrio Manantial (Villavicencio, Meta-Colombia), es el refugio de muchas especies, tiene una extensión de 30.2 hectáreas entre su área de delimitación y la zona de amortiguación. El tejido urbano presente en los alrededores del humedal es continuo, se define como espacios conformados por edificaciones. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 20% de la superficie del terreno, lo que hace percibir un maltrato al interior de los recursos presentes en el humedal, Fig 1.



Fig 1. Humedal Coroncoro: Zonas Verdes

Fuente. Fotografía obtenida desde google maps.

Delimitante al humedal se encuentra también la red vial, que conduce al complejo ganadero de Catama y al mercado (CEMERCA) de Villavicencio. Es una zona de alto tráfico, más del 30% del terreno del humedal esta recorrida por esta red vial, lo que trae consigo un alto nivel de contaminación producido por la contaminación de los combustibles utilizados por carros, automóviles y tracto mulas cuyo tránsito es constante por esta vía. Ver línea roja de la Fig 1.

De la misma manera el Coroncoro está limitado por una extensa zona verde que la limita, zona que es utilizada por los moradores urbanos para la siembra de arroz, la piscicultura y otras actividades propias de la economía de la región, este amplio espacio recorre 80% de la frontera lateral del humedal. Ver área delimitada por la línea amarilla de la Fig 1.

4. METODOLOGIA

A continuación se describe la metodología usada.

4.1. Modelo logit- probit

Para determinar el valor en cuanto a pureza que tiene el agua, se procedió a realizar análisis de laboratorios, realizados en los laboratorios de la universidad de los Llanos. Para tal caso se implementaron dos metodologías. La primera busca identificar parámetros físico-químicos que definen las características del agua, teniendo en cuenta su turbiedad, color, sabor, olor y temperatura, permitiendo también identificar la capacidad para disolver diversas sustancias y así poder hacer el reconocimiento de los rangos DE

VALOR ADMISIBLES sobre las normas de la calidad del agua. El segundo busca analizar la microbiología importante para el estudio y admisibilidad del agua potable.

Desde la apreciación teórica el método de valoración contingente se simula un mercado, en donde se aplican encuestas. En estas encuestas se preguntó a turistas que visitan el humedal el Coroncoro si estarían dispuestos a pagar (DAP), por la entrada al humedal de tal manera que esta entrada impulsará la descontaminación y cuidados del agua, la probabilidad de que una persona visitante pueda estar de acuerdo o no con esta pregunta y en últimas con este proyecto, puede determinarse a partir del análisis de la experiencia colectiva de 360 individuos representativos (visitantes promedio mensual al humedal) a los cuales se les indaga con preguntas relacionadas con su edad, estrato social, salario devengado, escolaridad a fin de establecer comparaciones y determinar bajo este modelo estadístico cual es el precio aproximado que se le daría a un vaso de agua totalmente descontaminado y consumible.

El modelo estadístico se basa en el análisis de una regresión logística la que permite analizar los problemas en los cuales hay una o más variables independientes que determinan un resultado que se mide con una variable dicótoma que toma solamente dos posibles resultados, para el caso de la medición económica de un recurso natural determinado por la metodología de la valoración contingente, la variable dicotómica está dado por el DAP (usted está dispuesto a pagar por: Si ___ No ___).

En la regresión logística, la variable dependiente es binaria o dicótoma, es decir contiene solamente los datos cifrados como 1 (SI) o 0 (NO), con ella se utiliza un modelo matemático, la transformación logit, para predecir el comportamiento de la variable dependiente. El modelo de regresión logística busca pronosticar la probabilidad de que ocurra o no un suceso determinado, partiendo habitualmente del análisis de una variable dependiente de tipo dicotómico, la presencia o no de diversos factores y el valor de los mismos, el método determina la influencia de las variables intervinientes en la encuesta sobre el problema que se está estudiando, en este caso la valoración económica del agua del humedal Coroncoro.

El logit probit se plantea de la siguiente manera:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + u \quad (1)$$

Con el fin de simplificar la notación, definimos Z:

$$\beta = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1) se obtiene

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta + u \quad (3)$$

Donde p es la probabilidad de que ocurra el suceso de estudio. Operando algebricamente sobre el modelo y Haciendo $z = \beta + u$ se tiene:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = z \quad (4)$$

Aplicando reglas de logaritmación sobre (4), se llega a la expresión.

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z} = \frac{e^{(\beta+u)}}{1 + e^{(\beta+u)}} \quad (5)$$

De esta manera se obtiene la función logística

$$F(x) = \frac{e^x}{1 + e^x} \quad (6)$$

Y el modelo se resume en:

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z} = F(z) = F(x, b) \quad (7)$$

Es decir, la diferencia de la probabilidad de que ocurra un suceso respecto de que no ocurra es lineal pero en escala logarítmica. Existen dos formas de representar el modelo de regresión logística.

$$\ln(p) - \ln(1-p) = z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + u \quad (8)$$

$$\frac{p}{1-p} = e^{b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + u} \quad (9)$$

La primera expresión se llama logit y a la segunda Odds ratio o cociente de probabilidades.

El modelo probit es una aproximación al problema, anterior siendo similar al Logit pero se supone una relación no lineal distinta (aunque muy similar) entre Xi y Pi. Se basa en la distribución normal acumulada.

$$P_i = P(Y=1|X) = P(I_i^* \leq \alpha + \beta x_i) = P(Z_i \leq) = F(\alpha + \beta x_i) \quad (10)$$

Donde Z es una variable estándar normal, $Z \sim N(0, s^2)$, F es la función de distribución normal acumulada. Explícitamente

$$F(I_i) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right) \int_{-\infty}^{I_i} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (11)$$

$$F(I_i) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right) \int_{-\infty}^{\alpha+\beta x_i} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (12)$$

4.2. POBLACIÓN

Como la población de visitantes diaria no es constante, se considera una población de tipo infinita. En un periodo de cuatro meses (Octubre, noviembre, diciembre, enero) se encuestaron en forma aleatoria a turistas que provienen de diferentes partes de Colombia y algunos extranjeros, de la misma manera se encuestó a visitantes de la región que visitan el humedal por diferentes razones. (Turismo ecológico, investigación, curiosidad o simple paseo). En este proceso de recolección se obtuvieron 360 encuestas, con las cuales

4.3. Descripción de las variables

La Tabla 1 muestra la descripción de las variables.

Tabla 1. Descripción de las variables intervinientes

Variable	Descripción
DAP (Disposición a pagar)	Variable Binaria
Edad	Variable continua
VDAP (Valor dispuesto a pagar)	Variable continua
Formación	Variable Categórica: Politómica
Estado Civil	Variable Categórica: Politómica
Ingreso Familiar	Variable categórica Politómica
Genero	Variable Binaria
RazonNopago	Variable categórica Politómica
EstratoSocial	Variable categórica Politómica

5. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Valoración económica por el método de valoración contingente

La Tabla 2, describe la frecuencia absoluta y relativa de la participación por cada una de las variables en las respuestas a las encuestas. De esta manera se destaca en su mayoría a la población masculina, con un 60.5%, la mayoría de estos encuestados 43,3%, son casados y asisten al humedal con sus parejas, el estrato 3 con el 55,3% es el de mayor asistencia al

humedal, finalmente quienes ganan entre 1 millón y 2.5 millones, con un porcentaje del 48,6% se constituye en el grupo de mayor asistencia en los paseos y recorridos al interior del humedal.

Tabla 2. Porcentaje de participación de las variables intervinientes

Variable	Categorías	f	%
Genero	Masculino	218	60.5%
	Femenino	142	39.4%
Estado Civil	Unión Libre	42	11.6%
	Casado	156	43.3%
	Soltero	79	21.9%
	Separado	73	20.2%
	Viudo	10	2.7%
Estrato Social	Estrato 2	109	30.3%
	Estrato 3	199	55.3%
	Estrato 4	47	13.1%
	Estrato 5	5	1.4%
Ingreso	1 millón < I < 2.5 millones	175	48.6%
	I < 1 Millón	97	26.9%
	2.5 Millones < I < 5 millones	71	19.7%
	I > 5 Millones	17	4.7%

La pregunta que lleva a responder la disposición a pagar se la realizo de la siguiente manera: ¿Si se implementara un costo en la entrada al humedal, con destino a un programa de purificación y potabilización del agua del humedal el CORONCORO, estaría usted dispuesto a aportar para dicho proyecto?

Ante este interrogante, el 65.8% de los encuestados respondieron afirmativamente a la pregunta de disposición a pagar (DAP), mientras que el 34.2% respondieron de forma negativa.

De este 32%, correspondiente a 121 encuestados que responden negativamente a la disposición a pagar, la Fig 2, muestra que el 25% no siente una responsabilidad propia, el 23% siente que la corrupción no ayudaría en la consecución del proyecto, El 21% manifiesta no creer en el proyecto, al 18% no le interesa mientras que el 12% no tiene recursos para apoyar un proyecto de esta envergadura.

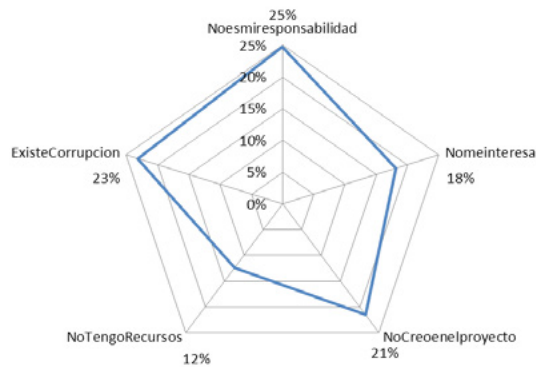


Fig 2. Razones de disposición a no pagar

Con base a la clasificación de los ingresos familiares se procedió a una distribución de la muestra según la proporción de familias en cada estrato y su disposición a pagar, Tabla 3. La relación entre las variables, disposición a pagar y estratos sociales, es significativa, bajo un p-valor= 0.0060, se considera que la disposición a pagar está relacionada con el monto que cada familia daría por llevarse a cabo el proyecto de purificación y potabilización del agua del humedal el Coroncoro.

Tabla 3. Promedios de pago por estratos

Estratos	Media (DAP)
Estrato2	4353
Estrato3	5207
Estrato4	7294
Estrato5	5000

De esta manera la Tabla 3, indica como las familias de estrato 2 estarían dispuestas a pagar aproximadamente \$4353 por entrada, los estratos 3, \$5207, mientras que los estratos, 4 y 5, \$7294 y \$5000 respectivamente, individualmente, para que se lleve a cabo el proyecto de conservación y purificación del agua del humedal el Coroncoro.

El coeficiente de variación que registra el 49,4% de variabilidad indica el valor inestable de la media, por lo que se recomienda considerar el valor de la mediana como un valor que registra estabilidad y se puede considerar como una disposición a pagar en la entrada al humedal. Dicho valor sería de \$5000. Tabla 4.

Tabla 4. Descriptivos de la disposición a pagar

	N	Mín	Máx	Media	C. V	Med
VDAP	237	2000	10000	5270.04	.494	50000
N Validos	237					

5.2 ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD A PAGAR

Los resultados de la estimación por el método Logit arrojan la significancia del modelo, indica que las variables son significativas en conjunto para explicar la DAP, Tabla 5.

Tabla 5. Estimación logit

	B	E.T.	Wald	Sig.	Exp(B)
Genero	.094	.232	.164	.685	1.099
Formación	.057	.108	.282	.595	1.059
Estado Civil	-.143	.100	5.034	.005	1.154
Estrato Social	.144	.149	.928	.335	1.155
Ingreso Familiar	-.369	.141	6.862	.009	.691
Edad	-.012	.008	2.207	.137	.988
Constante	.953	.714	4.779	.008	2.593

Lo que se busca en la tabla 5 de estimación es el grupo de variables que bajo un chisquared de wald, significativo, influya en la variable DAP. Para ellos se requiere observar la columna de significancia. Aquellos valores de significación inferiores a 0.05 se consideran variables que inciden en el modelo de predicción de la disposición a pagar. Para este caso las variables, estado civil, ingreso familiar y la constante, son variables que permiten predecir.

Como las variables, ingreso, estado civil, son politémica, se requiere indagar cuál de las categorías de la variables fue el que permitió que la incidencia en el modelo DAP. Para ello se construyen variables *Dummy* y se realiza nuevamente el logit. Los resultados se reflejan en la Tabla 6.

Tabla 6. Logit para las variables incidentes en la DAP

Fuente	Valor	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr > Chi²
EstadoCivil-2	0.0300	0.1036	0.0839	0.7720
EstadoCivil-1	-0.1151	0.0928	5.5399	0.0021
EstadoCivil-3	0.1183	0.0962	1.5118	0.2189
EstadoCivil-4	0.0073	0.0712	0.0104	0.9187
Ingreso-2	0.0000	0.0000		
Ingreso-1	0.2158	0.0726	8.8470	0.0029
Ingreso-3	0.0308	0.0655	0.2213	0.6380
Ingreso-4	-0.0574	0.0609	0.8869	0.3463

La Tabla 7, determina qué modelo predice 85% de las observaciones correctamente, lo cual es un buen indicador de la capacidad de predicción del modelo.

Tabla 7. Logit para las variables incidentes en la DAP

	DAP		Porcentaje correcto
	No	SI	
No	14	109	11.4
SI	16	221	93.2
			85

Bajo la significancia encontrada en el modelo anterior, el modelo de predicción planteado toma el siguiente aspecto.

$$z = 0.953 + 0.1151 * Casados + 0.2158 * Ingreso < 1000000 \quad (13)$$

Cabe anotar que si desea simular una situación para encontrar un costo de entrada desde los resultados de las variables significativas, esta se hace para casos particulares, por ejemplo.

Predecir la disposición a pagar, bajo una confiabilidad del 85%. Haciendo

$$\begin{aligned} x_1 &= 1(\text{Casado}) \\ x_2 &= (\text{Ingresos} < 1000000) = 4800 \\ \text{DAP} &= 0.953 + 0.151 * 1 + 0.2158 * (800000) = \$1.036 \end{aligned} \quad (14)$$

Que sería el valor que estaría dispuesto a pagar una persona de estrato 2 y que está casado, por un proyecto que impulse el cuidado y la purificación de las aguas del humedal.

6. TRABAJOS FUTUROS

La investigación de la valoración económica del humedal el Coroncero de Villavicencio propone, una visión hacia la valoración y reconocimiento e importancia de otros humedales con las mismas características y diferentes situaciones sociales, quizá en mayor riesgo, lo que supone una urgencia de colocar sobre ellos una mirada que permita no solo su apreciación económica, también su valoración social y su aporte a la humanidad.

7. CONCLUSIONES

En este trabajo se estimó la disponibilidad a pagar en los visitantes al humedal con el fin de obtener la valoración económica del recurso natural agua del humedal el Coroncero de Villavicencio. Los resultados de los exámenes químicos y físicos del agua indican que existe un alto riesgo de consumo debido a la presencia de Coliformes totales y Coliformes fecales, sin embargo el hecho de presentar un PH admisible de 6.2, niveles de Sodio (7.75), Dureza Cálctica (23.0), Dureza Total (61.7) y Cloruros (7.43); se encuentran dentro de los rangos de admisibilidad y de hierro (1.34); encontrados en el agua a tratar nos indica que existen altos niveles de calidad de potabilidad del agua. Esta esperanza encontrada en los análisis del agua, impulsan el desarrollo del proyecto.

La valoración económica definida por [21], asume que es posible asistir a tribunales y recursos legales, para que se puedan imponer sanciones económicas a quienes causen daños a los bienes colectivos o a los recursos naturales del medio ambiente, que han sido valorados económicamente, lo que de alguna manera es una nueva causa por la que se impulsa la valoración económica del recurso natural agua del humedal Coroncero de Villavicencio.

Cabe destacar que el 65.8% de los encuestados respondieron afirmativamente a la pregunta de disposición a pagar (DAP) por la implementación de un costo en la entrada al humedal, con destino a un programa de purificación y potabilización del agua, porcentaje que es alentador y demuestra el interés del visitante, que en su mayoría corresponde al género masculina, casados, de estrato 3 y que ganan entre 1 millón y 2.5 millones, características.

El 34.2% respondieron de forma negativa, desafortunadamente el 25% de estos encuestados no siente una responsabilidad propia, el 23% siente que la corrupción no ayudaría en la consecución del proyecto, la falta de confianza en los gobernantes y los proyectos fallidos, elefantes blancos en Colombia, generan esta desconfianza, así lo señala Prat [36], cuando manifiesta que “la corrupción se identifica con una mayor ineficiencia y un uso de prácticas como soborno que generan desconfianza social”. Por su parte El 21% manifiesta no creer en el proyecto, al 18% no le interesa mientras que el 12% no tiene recursos para apoyar un proyecto de esta envergadura.

Con respecto al método de valoración contingente, que para el caso de la valoración del recurso natural agua del humedal el Coroncoro, tiene una significancia del 85%, los resultados expuestos en el presente artículo, demuestran que el uso de este método es un buen recurso para reconocer un valor económico en ausencia de mercado. El uso de esta metodología estableció que no sólo se puede predecir el valor de la entrada al humedal que corresponde a \$5000 sino que permite concienciar a las comunidades sobre los beneficios asociados al proyecto de purificación y cuidados del agua de este humedal, de la misma manera la metodología permite reconocer un perfil sobre aquellos ciudadanos que estarían dispuestos a aportar para apoyar en beneficio del ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar de manera abierta el inmenso agradecimiento al grupo ecológico, colectivo ambiental William Barrios, por su abierta colaboración, de paso felicitarles por su inmensa labor social en el cuidado de una belleza natural reflejada en el espectacular paisaje del humedal el Coroncoro de Villavicencio. Dejo aquí una liga para quienes quieran conocer un poco de él, su belleza y sus problemas. <https://humedalescolombia.wordpress.com/2014/01/23/humedal-coroncoro-villavicencio-meta/>

REFERENCIAS

- [1] Machín, M. Valoración económica de los recursos naturales: Perspectiva a través de los diferentes enfoques de mercado. Rev Futuros No 13. Vol. IV, 2006.
- [2] El tiempo. Plan para proteger los humedales de Villavicencio. 2014. En línea: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13448916> . Periódico regional. Consultado el 21-03.-2016.
- [3] García, G. Silva, L Importancia ecosistémicas del humedal el Coroncoro sobre el barrio manantial en la ciudad de Villavicencio/meta. Rev Semillas Ambientales. Vol. 8, Núm. 2. P 24-27,. 2014.
- [4] Monroy, R. Valdivia R. Sandoval M., Rubiños J. Valoración económica del servicio ambiental hidrológico en una reserva de la biosfera. Rev Terra Latinoamericana, vol. 29, núm. 3. pp. 315-323, 2011.
- [5] Hardin, G.. The tragedy of the commons. Science 162: 1243-1248, 1968
- [6] Donovan, D El agua, los bosques y el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Unasylya 229, Vol. 58, 2007.
- [7] Shiva, V. Las guerras del agua. Privatización, contaminación y lucro. Editorial Siglo XXI. 2007.
- [8] Martínez. J. Steduto, P. El agua, un recurso natural crítico. Una visión desde el sector agrario. Rev Temas para el debate, N°. 161. P. 70-75, 2008.
- [9] Padron, A. & Cantu, P. El recurso agua en el entorno de las ciudades sustentables. Rev. Culcyt Sustentabilidad. Año 6, No 31. P. 15-25, 2009.
- [10] Cobos El agua: situación actual y necesidades de gestión. Universidad Rafael Landívar (URL). Guatemala. 2002.
- [11] Sevilla, M. Torregrosa, T & Moreno L. Un panorama sobre la economía del agua. Estudios de Economía Aplicada, • Vol. 28-2. P 265-304, 2010.
- [12] García, R. Godínez, G. Pineda, B. Reyes, J. Derecho al agua y calidad de vida. Rev Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Vol. 6, Núm. 11. P 5-15, 2007.
- [13] Navarro, O. Representación social del agua y de sus usos. Rev Psicología desde el Caribe. No 14. Pp 223-236, 2004.
- [14] Lambert, A Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. IMS/REMP. Documento en línea: <http://ibcperu.org/doc/isis/8022.pdf> Consultado el 21-03.-2016, 2003.

- [15] Rojas, J.; Pérez, M. y Peña, M. La valoración contingente: una alternativa para determinar la viabilidad financiera de proyectos de tratamiento de aguas residuales en países tropicales. Universidad del Valle. Cali, Colombia, 2001.
- [16] Velasco, F. La articulación cultura-ambiente: claves para una visión alternativa del desarrollo. Cuadernos del CENDES, Caracas, v.20, n.52, p.39-52, 2003.
- [17] Hernández, A. Casas, M. León, M. Caballero, R. Pérez, V. La Ciencia Económica y el Medio Ambiente: un aporte desde la valoración económica ambiental. Rev. Paranaense De Desenvolvimento, Curitiba, v.34, n.125, p.25-38, 2013.
- [18] Novoa, Z. Valoración económica del patrimonio natural: Las áreas naturales protegidas. Rev. Espacio y Desarrollo N° 23, pp. 131-154, 2011.
- [19] Azqueta, O. Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid: McGraw-Hill, 1994.
- [20] Villota, L Valoración Económica del Humedal de Lengua mediante Experimentos de Elección. Rev. Panorama socioeconómico año 27, N° 38, p. 32 – 43, 2009.
- [21] Riera, P. «Aplicaciones de la valoración de bienes ambientales en el Estado español» Presentado en el curso «Economía Ambiental: Valoración, recursos naturales y política económica». Palacio de Pedralbes, 26-28, 1995.
- [22] Garzón, L. Revisión del método de valoración contingente: experiencias de la aplicación en áreas protegidas de América Latina y el Caribe. Rev. Espacio y Desarrollo N° 25, pp. 65-78, 2013.
- [23] León, C.J. & F.J. Vásquez-P Modelización del aprendizaje en valoración contingente. Investigaciones Económicas, 24(1), 117-138, 2000.
- [24] Welsch, H. & J. K. Uhling Using happiness data for environmental valuation: issues and applications. Journal of Economic Surveys, 23(2), 385-406, 2009.
- [25] Kriström, B & Riera, P. El método de la valoración contingente. Aplicaciones al medio rural español. Revista española de economía agraria. N° 179, 1997, págs. 133-166, 1997.
- [26] Caula, S. & Nobrega, J. La valoración contingente de dos proyectos de desarrollo del Jardín Botánico de Valencia: efecto de la información de la diversidad de aves y de factores socioeconómicos y actitudinales. Rev Faces. Vol 19 No 2. P 16-27, 2008.
- [27] Adams, C., R. Seroa da Motta, R. A. Ortizc, J. Reidd, C. Ebersbach & P. A. Almeida The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: Economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, São Paulo State (Brazil). Ecological Economics, 66(2-3), 359-370, 2008.
- [28] Machín, M. M., A. Hernández, M. Casas & M. A. León Enfoque de la valoración económica ambiental en áreas protegidas. Su aplicación en el Parque Nacional Viñales, República de Cuba. Revista Desarrollo Local Sostenible, 3(8), 1-14, 2008.
- [29] Cook, J.M. Valuing protected areas through contingent valuation: a case study of Chitwan National Park, Nepal. Toronto, Ontario, Canada: Tesis de grado para optar por el título de Magíster en Ciencias Aplicadas, Wilfrid Laurier University, 2011.
- [30] Ortega, J. Berbelb, J. Brouwerct, R. Valoración económica de los beneficios ambientales de no mercado derivados de la mejora de la calidad del agua: una estimación en aplicación de la Directiva Marco del Agua al Guadalquivir. Rev Economía Agraria y Recursos Naturales.. Vol. 9, 1. pp. 65-89, 2007.
- [31] Herrador, D. Dimas, L. Valoración Económica del Agua para el Área Metropolitana de San Salvador. Ed Prisma. San Salvador, 2001.
- [32] Perdiguier, F. El valor de uso recreativo de los espacios naturales protegidos. Una aplicación de los métodos de valoración contingente y del coste del viaje. Estudios de Economía Aplicada, vol. 21, núm. 2, pp. 297-320, 2003.

- [33] Mitchell, R. & Carson, R. Using surveys to value public goods: The contingent valuation method. Resources for the future, Washington, D.C, 1989.
- [34] Riera, P. Manual de valoración contingente. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales. Sánchez, M. & L. Pérez (2000). Análisis conjunto y gestión pública de espacios protegidos: una aplicación al Parque Natural de Gorbea. Hacienda Pública Española, 153(2), 117-130, 1994.
- [35] Parra, R. Vargas, F. Castellar, P. Metodología estadística para estudio de disponibilidad a pagar (DAP) con aplicaciones en un proyecto de abastecimiento de agua. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible, 2005
- [35] Prats, J. Causas políticas y consecuencias sociales de la corrupción. Rev. Papers No 88. P. 153-164, 2008.



Algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón paralelo segmentación de cauce

Algorithm for the discovery of organizational model using cauce pipeline parallel pattern

Alex Rivero Botta

*Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
La Habana, Cuba
ariverob@ceis.cujae.edu.cu*

Ronny Álvarez Pérez

*Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
La Habana, Cuba
ralavarezp@ceis.cujae.edu.cu*

Humberto Díaz Pando, PhD.

*Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
La Habana, Cuba
hdiazp@ceis.cujae.edu.cu*

Lester Guerra Denis, Ing.

*Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
La Habana, Cuba
lguerra@ceis.cujae.edu.cu*

(Recibido el 25-05-2016. Aprobado el 16-11-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

H. Díaz, L. Guerra, J. Fernández, E. Acevedo, "Algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón paralelo segmentación de CAUCE", Lámpsakos, no. 16, pp 44-50, 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1969>

Resumen. Los avances alcanzados con las tecnologías de la información y las comunicaciones han resultado en un crecimiento de todos los datos almacenados y/o intercambiados electrónicamente. Las técnicas de minería de procesos son capaces de extraer conocimiento de los registros de eventos comúnmente disponibles en los sistemas de información actuales. Asimismo, el procesamiento paralelo es un tipo de procesamiento de la información, que permite que se ejecuten varios procesos concurrentemente, logrando impresionantes poderes de cálculo.

El trabajo que a continuación se presenta es un diseño del algoritmo de minería de procesos para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón paralelo segmentación de cauce, aprovechando las operaciones que en su diseño secuencial se ejecutan independientemente. Los experimentos realizados y los resultados obtenidos con las pruebas de hipótesis no paramétricas de Mann-Whitney arrojan que la solución propuesta disminuye los tiempos de ejecución en relación a su variante secuencial.

Palabras clave: modelo organizacional, patrón paralelo segmentación de cauce.

Abstract. The progress made with the information technology and communications have resulted in a growth of all data stored and / or exchanged electronically. The process mining techniques are able to extract knowledge from the common-mind records events available in the current information systems. Likewise, parallel processing is a type of information processing, which allows multiple processes to run concurrently, achieving impressive powers of calculation.

The work presented below is an algorithm design process mining Organizational Miner using the pipeline parallel pattern, according to its design operations in sequential run independently. The experiments conducted and results obtained with non-parametric tests Mann-Whitney hypothesis that the proposed solution yield decreases execution times relative to its sequential variant.

Keywords: organizational model, pipeline parallel pattern.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances alcanzados con las tecnologías de la información y las comunicaciones han permitido recopilar y almacenar gran cantidad de información de todo tipo de procesos: industriales, empresariales, bancarios y publicitarios, entre otros. El registro de los eventos de un proceso, en los actuales sistemas de información, hace posible aplicar técnicas de minería de procesos, capaces de extraer conocimiento de ellos.

Con el transcurso del tiempo, son cada vez mayores los datos almacenados en estos sistemas, propiciándose un escenario favorable para el descubrimiento de modelos en una organización. Desafortunadamente, un crecimiento de los datos implica un mayor tiempo de procesamiento, careciendo, en muchos casos, de la operatividad necesaria para la extracción de conocimientos y la toma de decisiones que este implica.

El procesamiento paralelo es un tipo de procesamiento de la información que permite que se ejecuten varios procesos concurrentemente, logrando impresionantes poderes de cálculo.

El trabajo que a continuación presentamos propone un diseño del algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional basado en el patrón de computación paralela Segmentación de Cauce.

2. DESARROLLO

La minería de procesos es una técnica de administración de procesos que permite analizar los procesos de negocios de acuerdo con un registro de eventos. A través de esta actividad se desea extraer conocimiento desde los registros de evento de los procesos almacenados por los sistemas de información [1].

Dentro de las técnicas de minería de procesos existen varias clasificaciones, las mismas son:

- Descubrimiento: No existe un modelo a priori, es decir, sobre la base de un log de eventos se construye un modelo de proceso que puede ser descubierto basado en eventos de bajo nivel [1].
- Análisis de Conformidad: En el análisis de conformidad hay un modelo a priori. Este modelo se compara con el registro de eventos y se

analizan las discrepancias entre el registro y el modelo. Comprobación de conformidad puede ser utilizada para detectar las desviaciones para enriquecer el modelo [1].

Extensión: En los algoritmos de tipo extensión también existe un modelo a priori. Este modelo se amplía con un nuevo aspecto o perspectiva, es decir, el objetivo no es para comprobar la conformidad, sino para enriquecer el modelo. Un ejemplo es la extensión de un modelo de proceso con los datos de rendimiento [1].

2.1. Algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional

El algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional es un algoritmo de minería de procesos del tipo descubrimiento cuyo objetivo es procesar un log de eventos para generar un modelo donde queden representados los originadores de tareas en un proceso dado, relacionados con las tareas que los mismos comienzan. Para ello los datos son cargados desde una base de datos existente en la red del centro.

Cada evento del registro tiene un nombre del originador, que es la persona o sistema que realiza la tarea. Los eventos además contienen tareas que no son más que actividades que pueden ser ejecutadas por uno o más originadores. La salida de dicho algoritmo es un modelo que contiene una lista de originadores y cada originador contiene una lista de tareas ejecutadas por él.

Un pseudocódigo de dicho algoritmo aparece en la Fig. 1.

```

ALGORITMO OrgMiner (log: Registro de Eventos)
  Iterar sobre el log
    Mientras existan eventos
      SI evento.originador no está en modelo
        Añadir originador al modelo y su tarea
      SINO
        SI evento.tarea no está en la lista de tareas del originador.
          Añadir tarea a la lista de tareas del originador.
    FIN Iterar
  Devolver modelo
FIN Algoritmo
    
```

Fig. 1. Pseudocódigo secuencial del algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional



Fig. 2. Diagrama de flujo del algoritmo Minería Organizacional visto como 2 etapas

Para poder realizar este procesamiento es necesario que el algoritmo cargue los datos de un registro de eventos. Debido al tamaño de estas fuentes de información en la actualidad, es necesario que la carga de los datos se haga por intervalos; ya que en algún momento no será posible cargar todos los datos de una sola vez en la memoria interna de la computadora.

Debido a experiencias anteriores se conoce que la carga de los datos representa un factor importante que influye en el tiempo de ejecución del algoritmo de manera significativa. Por ello la presente investigación se centra en ver el algoritmo como un proceso de 2 etapas, la primera, la carga de los datos y la segunda el procesamiento de los mismos. Esta óptica puede ser comprendida de una mejor manera a través de la Fig. 2.

2.2. Patrones de computación paralela

Los patrones de programación paralela son una combinación recurrente de distribución de tareas y acceso a datos que resuelve un problema específico dentro del diseño de algoritmos paralelos. Estos patrones a menudo están compuestos o surgen de patrones de diseño no paralelos. Los mismos no están sujetos a arquitecturas de hardware, lenguajes de programación o sistemas, por lo que pueden ser implementados para distintas combinaciones de los elementos anteriormente descritos [2].

2.2.1. Patrón Segmentación de Cauce

Dentro de los patrones de programación paralela se encuentra el patrón Segmentación de Cauce. El mismo consiste en una cadena de procesos conectados de forma tal que la salida de cada elemento en la cadena es la entrada del próximo. Permiten la comunicación y sincronización entre procesos. Es común el uso de buffer de datos entre elementos consecutivos [2].

Este proceso consiste en una secuencia lineal de etapas (segmentos de código de un algoritmo mayor). Cada etapa realiza una transformación en los datos y la pasa a la siguiente para continuar en el procesamiento de los mismos. La Fig. 3 muestra un esquema de dicho patrón. En esta figura los elementos verdes representan los datos de entrada y la salida del algoritmo. Los elementos azules representan las diferentes etapas en las que es dividido el mismo.



Fig. 3. Esquema del Patrón Segmentación de Cauce. Tomado de [2]

Existen 2 tipos de tuberías, las series y las de estados paralelos. En las series en cada etapa se procesan los datos de uno en uno pero varias etapas se ejecutan al mismo tiempo por lo que se dice que ocurre paralelismo de tareas. En el segundo tipo las etapas procesan datos en paralelo y al igual que en las series varias etapas están activas al mismo tiempo por lo que se dice que ocurre paralelismo de datos y de tareas. La velocidad con la que se ejecutarán ambos tipos se verá limitada por el tiempo que demore la ejecución de la etapa más lenta del algoritmo.

2.2.2. Diseño del algoritmo haciendo uso del patrón Segmentación de Cauce

Como fue descrito anteriormente el algoritmo es enfocado de manera simple como un proceso de carga y procesamiento. De ahí surgen las dos etapas que tendrá la segmentación de cauce. La primera donde se cargarán los datos desde el registro de eventos y la segunda etapa recibirá los datos cargados en la etapa anterior y los procesará con el objetivo de obtener un modelo donde queden representados los originadores con la lista de tareas que origina cada uno de ellos. De esta manera quedará conformada una tubería serie ya que no contendrá ninguna etapa paralela.

En la primera iteración solo se cargarán datos debido a que no se puede ejecutar el algoritmo en paralelo porque todavía no existen datos para procesar. En las próximas iteraciones sí se ejecutan ambas etapas en paralelo hasta llegar a la última, donde sólo se ejecutará el algoritmo ya que se han cargado todos los datos existentes en la base de datos.

En la Fig. 4 se muestra un pseudocódigo de la versión paralela del algoritmo.

```

ALGORITMO paralelo (log: Registro de Eventos)
  CargarDatos
  Repetir numIteraciones veces
    Ejecutar en paralelo
      EjecutarAlgoritmo
      CargarDatos
    Fin Ejecutar en Paralelo
  Fin Repetir
  EjecutarAlgoritmo
  Devolver modelo
Fin Algoritmo
    
```

Fig. 4. Pseudocódigo paralelo del algoritmo para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón Segmentación de Cauce.

De esta manera el diseño secuencial que fue examinado en la Fig. 3 quedaría como se muestra en la Fig. 5.

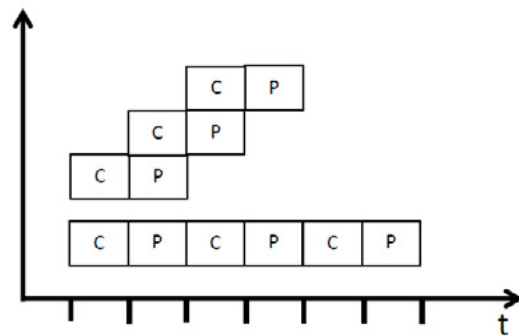


Fig. 5. Representación de la ejecución paralela del algoritmo.

Mediante el análisis de esta figura se podría suponer que esta implementación debe reducir los tiempos de ejecución de la versión secuencial del mismo. En el siguiente epígrafe validaremos esta hipótesis.

2.3. Experimentos realizados

Primeramente se realizó un experimento donde se hicieron 10 ejecuciones de las versiones paralela y secuencial, con el objetivo de comprobar si se logró disminuir los tiempos de ejecución del mismo, realizando intervalos de carga de 100 000 elementos en cada iteración. Luego se realizó un segundo experimento, donde se aumentaron los intervalos de carga a 500 000 para comprobar el impacto que tiene este factor en los tiempos de ejecución del algoritmo. Todos los experimentos fueron realizados sobre una base de datos existente en la red del centro, la cual tiene un total de 1 408 539 elementos en la tabla de donde se obtienen los datos para la ejecución del algoritmo.

Estos experimentos fueron realizados en una computadora con las siguientes características:

Procesador Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7300 @ 2.66GHz 2.67GHz con 2 hilos de ejecución.

2GB de Memoria RAM.

Además para cada uno de los experimentos se calcularon las siguientes métricas de rendimiento:

Aceleración. La aceleración (*Speed Up*) es la relación entre el tiempo de ejecución utilizando solo un procesador y el tiempo de ejecución utilizando varios procesadores [3]. La aceleración representa cuantas veces es más rápido un programa paralelo con res-

pecto a uno secuencial, resolviendo ambos el mismo problema. La aceleración se calcula como se define en (1).

$$S = \frac{T_s}{T_p} \quad (1)$$

Donde:

S: Aceleración.

Ts: Tiempo de ejecución del algoritmo secuencial.

Tp: Tiempo de ejecución del algoritmo paralelo.

Eficiencia. La eficiencia puede ser definida como la parte del tiempo que los procesadores dedican al trabajo útil, o sea, a las tareas. La eficiencia muestra cuán bien se han utilizado los procesadores. La fórmula para calcularla se define en (2).

$$E = \frac{S_p}{P} = \frac{T_s}{P \times T_p} \quad (2)$$

Donde:

E: Eficiencia.

Sp: Aceleración asociada a la ejecución paralela del algoritmo.

P: Número de hilos de ejecución del procesador.

2.3.1. Experimento con intervalos de carga de 100 000 elementos

Para comprobar si la versión paralela del algoritmo logró reducir los tiempos de ejecución del mismo, se realizaron 10 ejecuciones de cada una de las versiones. Los tiempos resultantes de las mismas se muestran en la Tabla 1.

Para comprobar si realmente se disminuyeron los tiempos de ejecución se realizó una prueba de hipótesis. La misma se describe a continuación.

Tabla 1. Tiempos de la ejecución de ambas versiones del algoritmo con intervalos de carga de 100 000 elementos

	Tiempo del algoritmo secuencial (s)	Tiempo del algoritmo paralelo (s)
	55.99	50.06
	55.56	50.20
	57.00	52.26
	59.06	50.49
	58.00	48.80
	56.68	48.83
	55.85	50.53
	60.54	48.54
	54.67	50.24
	55.06	48.47
Promedio	56.84	49.84
Máximo	60.54	52.26
Mínimo	54.67	48.47

Las hipótesis evaluadas fueron:

H₀: Ts = Tp

H₁: Ts > Tp

Con α = 0.05

Donde:

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alternativa

α: Máximo nivel de riesgo aceptable para rechazar una hipótesis nula verdadera.

Ts: Tiempo del algoritmo secuencial.

Tp: Tiempo del algoritmo paralelo.

Para probar las hipótesis se utilizó la prueba no paramétrica Mann-Whitney. Se seleccionó esta por no contar con evidencias de que los datos siguen una distribución normal. El resultado que devuelve esta prueba es un valor p, que indica la probabilidad de obtener la mediana de la muestra si H₀ es verdadera. Lo que se espera es que al ejecutar la prueba, la misma devuelva un valor p < α, ya que si esto ocurre se rechaza H₀ y se concluye que el tiempo de ejecución secuencial es mayor que el paralelo.

La prueba fue realizada con el software estadístico Minitab. Los resultados de la ejecución de la misma con los valores mostrados en la Tabla 1, arrojó los resultados que se muestran en la Fig. 6.

Como se muestra en la Fig. 6, el valor p=0.0001 es menor que 0.05, por lo que se puede concluir que la versión paralela del algoritmo disminuye los tiempos de ejecución del mismo.

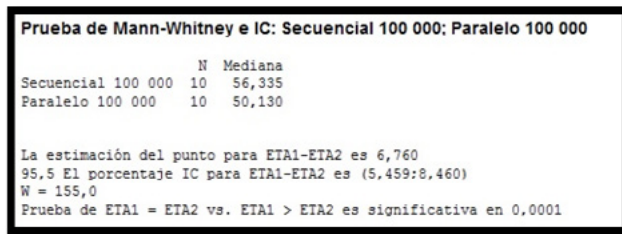


Fig. 6. Resultados de la ejecución de la prueba de Mann-Whitney para el experimento 1.

El cálculo de las métricas asociadas utilizando los tiempos promedio de ambas versiones arrojó los siguientes resultados:

$$S = 56.841/49.482 = 1.140423$$

$$E = 1.140423/2 = 0.57$$

2.3.2. Experimento con intervalos de carga de 500 000 elementos

Posteriormente se realizó un experimento para comprobar cómo un aumento el tamaño de los intervalos de carga podría influir en los tiempos de ejecución del algoritmo. Para ello se realizaron 10 ejecuciones de la versión paralela del mismo, con el objetivo de compararlos con su homólogo cargando elementos a intervalos de 100 000. La tabla de comparaciones resultante se muestra a continuación:

Para comprobar si realmente se disminuyeron los tiempos de ejecución se realizó una prueba de hipótesis. La misma se describe a continuación.

Las hipótesis evaluadas fueron:

$$H_0: T_{100\,000} = T_{500\,000}$$

$$H_1: T_{100\,000} > T_{500\,000}$$

Con $\alpha = 0.05$

Donde:

H_0 : Hipótesis nula.

H_1 : Hipótesis alternativa.

$T_{100\,000}$: Tiempo del algoritmo paralelo con intervalos de carga de 100 000 elementos.

$T_{500\,000}$: Tiempo del algoritmo paralelo con intervalos de carga de 500 000 elementos.

α : Máximo nivel de riesgo aceptable para rechazar una hipótesis nula verdadera.

Se realizó la prueba estadística descrita para el experimento anterior. El resultado de ejecutar la misma con los valores que se muestran en la Tabla 2 se muestra en la Figura 7.

Tabla 2. Tiempos de la ejecución del algoritmo paralelo con intervalos de carga 100 000 y 500 000 elementos

	Tiempo del algoritmo secuencial (s)	Tiempo del algoritmo paralelo (s)
	50.06	23.50
	50.20	24.43
	52.26	25.46
	50.49	23.65
	48.80	23.27
	48.83	23.21
	50.53	23.07
	48.54	24.26
	50.24	22.96
	48.47	25.17
Promedio	49.84	23.89
Máximo	52.26	25.46
Mínimo	48.47	22.96

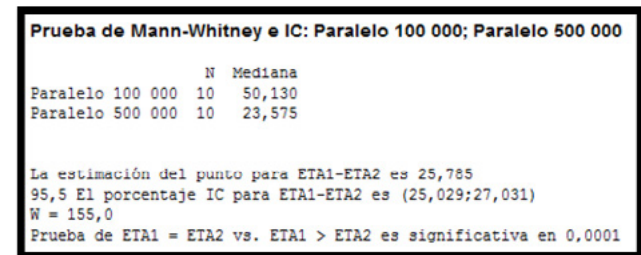


Fig. 7. Resultados de la ejecución de la prueba de Mann-Whitney para el experimento 2.

Como se muestra en la Figura 7, el valor $p=0.0001$ es menor que 0.05, por lo que se puede concluir que cargar los datos en intervalos de 500 000 elementos disminuye los tiempos de ejecución del algoritmo.

2.3.3. Conclusiones de los experimentos

Los experimentos realizados han demostrado que aumentando el tamaño de los intervalos de carga de datos, se puede reducir en gran medida los tiempos de ejecución del algoritmo. Por tanto se recomienda realizar futuros estudios con tamaños mayores en los intervalos de carga de datos con el objetivo de determinar qué tamaño sería el óptimo para la ejecución del mismo sobre registros de eventos de mayor dimensión. Además, estos experimentos han demostrado que mediante la implementación del al-

goritmo para el descubrimiento del modelo organizacional utilizando el patrón Segmentación de Cauce y el modelo de programación paralela OpenMP, se logran disminuir los tiempos de ejecución con respecto a la versión secuencial del mismo.

3. TRABAJOS FUTUROS

Los resultados expuestos indican que el uso del patrón de computación paralela Segmentación de Cauce, en combinación con el modelo de programación OpenMP, disminuye el tiempo de ejecución del algoritmo secuencial para el descubrimiento del modelo organizacional. Cabe entonces como trabajo futuro analizar qué otros patrones de computación paralela permiten diseñar el algoritmo, qué otros modelos de computación paralela se podrían utilizar para implementarlo, incluyendo los modelos de programación en memoria distribuida, y qué otras estructuras de datos permiten una gestión más eficiente de los datos, con el objetivo de disminuir, aun más, el tiempo de ejecución del algoritmo.

4. CONCLUSIONES

Los experimentos realizados y los resultados obtenidos con las pruebas de hipótesis no paramétricas de Mann-Whitney arrojan que la solución propuesta disminuye los tiempos de ejecución en relación a su variante secuencial.

Adicionalmente, se probó que aumentando el tamaño de la carga a 500 000 elementos también se reducen los tiempos de ejecución.

REFERENCIAS

- [1] Wil van der Aalst, A.A., Ana Karla Alves de Medeiros, Franco Arcieri, Thomas: et al., *Manifiesto sobre Minería de Procesos*.
- [2] Michael McCool, A.D.R., James Reinders. "Structured Parallel Programming Patterns for Efficient Computation".
- [3] Cairós, S.G.: *Paralelización de la obtención de datos de entrada del modelo de concentraciones de HYSPLIT. Serie de Notas Técnicas Digitales del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña 2009*.
- [4] McCool, M. "Structured Parallel Programming", 2012.

**ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN
ANALÍTICA E INTERPRETATIVA**



Métodos de búsqueda usando los algoritmos de enjambre de partículas y genético

Search methods using the algorithms: particle swarm and genetic

Jovani Alberto Jiménez Builes, PhD.

*Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia
jajimen1@unal.edu.co*

Rafael Esteban Arango Sanchez, MSc.

*Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia
raearangosa@unal.edu.co*

Leidy Diana Jiménez Pinzón, MSc.

*Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia
ldjimenezp@unal.edu.co*

(Recibido el 05-04-2016. Aprobado el 16-11-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

J, Jimenez-Builes, R. Arango-Sanchez, L. Jimenez-Pinzón, "Métodos de búsqueda usando los algoritmos de enjambre de partículas y genético", Lámpsakos, no. 16, pp 52-60, 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1901>

Resumen. La optimización de un problema para la toma de decisiones es una tarea frecuente en la vida. Existen en la literatura diferentes técnicas determinísticas y heurísticas, las cuales son utilizadas de acuerdo a las condiciones o restricciones del problema para encontrar la mejor solución. Sin embargo, para lograr una exploración en un espacio de búsqueda de posibles soluciones, se aplican los métodos metaheurísticos, los cuales se basan en el comportamiento de poblaciones y trayectorias permitiendo encontrar soluciones casi óptimas. En este artículo se presenta el estudio de dos métodos metaheurísticos basados en poblaciones, el algoritmo enjambre de partículas y el algoritmo genético, implementados para dar solución a problemas cuyo objetivo es optimizar buscando siempre el menor valor. Para llevar a cabo este estudio, se realiza una aplicación en lenguaje de programación JAVA que contiene la implementación de los dos algoritmos a ser evaluados sobre funciones no lineales. El resultado de este trabajo se muestra mediante la comparación en la precisión al obtener la solución óptima de los métodos, mostrando la evolución de los resultados de forma gráfica hasta llegar a la solución. Al finalizar se concluye que el enjambre de partículas tiene un mejor comportamiento que el algoritmo genético.

Palabras clave: Algoritmo enjambre de partículas, algoritmo genético, comparación, simulación optimización.

Abstract. This article presents the study of two meta-heuristic methods based in populations, the comparison between two search algorithms, the particle swarm algorithm (PSO) and genetic algorithm (GA) for solving problems whose objective is optimize always looking for the lowest value. To carry out this study, we made an application in JAVA programming language that contains the implementation of the two algorithms to be used for evaluation of nonlinear functions. The result of this work is shown by comparing the accuracy to obtain the optimal solution of the methods listed above, showing the evolution of the results in graphical form to reach the solution. From this study it can be concluded that the particle swarm optimization has a better performance than genetic algorithm.

Keywords: Particle swarm algorithm, genetic algorithm, simulation, optimization, comparison.

1. INTRODUCCIÓN

En un problema de decisión que normalmente se presentan en cualquier ámbito de la vida cotidiana, se parte de un conjunto de recursos específicos que condicionan la elección de la mejor solución. Esto mismo, de forma matemática, se expresa como la optimización de una función objetivo, la cual está sujeta a una serie de restricciones [1].

Algunos tipos de problemas de optimización por sus características, pueden resolverse haciendo uso de técnicas determinísticas que permiten encontrar su solución óptima. Por ejemplo los problemas o funciones que son lineales, pueden ser resueltos mediante el método simplex, el cual es un procedimiento iterativo que maximiza o minimiza una función bajo unas restricciones permitiendo que se mejore la solución en cada uno de los pasos, hasta llegar a una solución que no es posible seguir optimizando [1], [2].

Sin embargo, la mayoría de los problemas reales no pueden ser resueltos con los algoritmos determinísticos, algunos porque no tienen las características para poder usar el método y otros porque el tiempo que necesitan para hallar la solución resulta ser extenso, es decir, el tiempo se hace mayor de acuerdo al tamaño del problema y por lo tanto se deben buscar otras técnicas para encontrar la solución [3]. Para ello, se hace uso de los métodos heurísticos, los cuales resuelven problemas de búsqueda y optimización encontrando una solución que aunque no necesariamente es la óptima, es una buena solución y en un tiempo razonable [4].

Existen métodos iterativos a los cuales se les aplican procesos estocásticos ya que la búsqueda debe realizarse de manera aleatoria, algunos sobre trayectorias y otros sobre poblaciones. Estos métodos son denominados metaheurísticos dado que son producto de la combinación de métodos heurísticos con el objetivo de lograr una mejor exploración en el espacio de búsqueda de forma eficiente y efectiva obteniendo soluciones casi óptimas [5], [6].

Los métodos metaheurísticos basados en trayectorias parten desde un punto y a medida que se realiza la exploración del vecindario, se actualiza la solución si es mejor o no a la anterior obteniendo al final del proceso la mejor que encontró [5], [6].

Los métodos metaheurísticos basados en poblaciones consisten en la iteración de una población de soluciones o individuos y el paso de los mismos en cada una de las iteraciones describiendo de esta manera una cadena clara de búsqueda, con lo cual se encuentra una solución casi óptima a partir de la evolución de un conjunto de puntos en el espacio [5], [6], [7].

De este último grupo de métodos hacen parte los algoritmos evolutivos como por ejemplo el algoritmo genético y los algoritmos de inteligencia de enjambres como el método de optimización de enjambre de partículas [5], tal como lo muestra la Fig. 1.

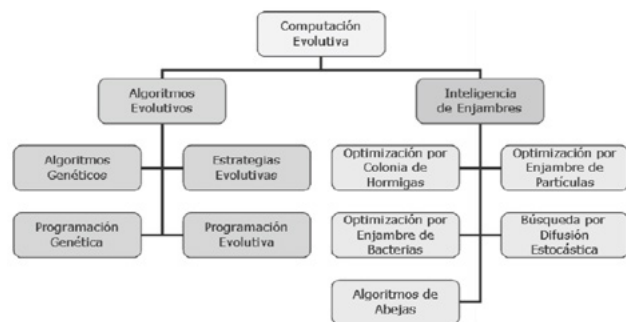


Fig. 1. Taxonomía de la computación evolutiva [8]

El método de optimización por enjambre de partículas (Particle Swarm Optimization) es un algoritmo inspirado en el comportamiento de algunos seres vivos como por ejemplo bandadas de aves, bancos de peces o manadas de mamíferos, los cuales tienen actuaciones colectivas que proporcionan comportamientos adecuados para explorar diferentes técnicas de búsqueda y optimización. Este algoritmo en lugar de utilizar operadores genéticos tradicionales, lo que hace es modificar cada una de las partículas de acuerdo a su experiencia y la experiencia de la partícula vecina [9] [10].

Por otro lado, el algoritmo genético se caracteriza por imitar los procesos naturales, procesos de búsqueda y optimización que tienen origen en la inspiración del mundo biológico. Este método permite la generación de poblaciones mediante operadores genéticos, creando poblaciones aleatorias cada vez de mejor calidad. Los operadores como la selección, la mutación y la recombinación o cruzamiento se aplican a la población encontrando el cromosoma o la solución de calidad más alta que la aplicación de los operadores haya arrojado [7].

Este artículo está distribuido de la siguiente manera: la Sección II se describe el funcionamiento del algoritmo enjambre de partículas junto con la presentación del pseudocódigo con el cual fue implementado. En la Sección III se encuentra la explicación del funcionamiento del algoritmo genético al igual que el pseudocódigo de su respectiva implementación. En la sección IV se encuentran las pruebas realizadas a los dos algoritmos estudiados sobre las funciones no lineales escogidas para la comparación entre los dos métodos y por último se encuentran la discusión y las conclusiones.

2. MÉTODOS METAHEURISTICOS

El uso de los algoritmos bioinspirados es importante en la investigación y resolución de problemas particulares en diversas áreas. Como resultado de la revisión del estado del arte, de la taxonomía de la computación evolutiva, clasificada en algoritmos evolutivos y en inteligencia de enjambres; se seleccionan dos algoritmos de optimización, los más publicados de cada área [7] para realizar su estudio y comparación.

2.1. Optimización por enjambre de partículas

La técnica de enjambre de partículas fue implementada por Kennedy y Eberhart en 1995 para simular el vuelo sincrónico de las aves. El algoritmo resultante se convirtió en un éxito para la optimización de funciones matemáticas no-lineales continuas [11], [12]. En la literatura se presentan aplicaciones en distintas áreas como la ingeniería industrial [7], la medicina [13] y la ingeniería electrónica [14], [15].

El algoritmo de optimización por enjambre de partículas empieza con un conjunto de soluciones aleatorias. A cada solución potencial se le asigna una velocidad aleatoria y de esta manera las soluciones (también denominadas partículas) “viajan” hasta encontrar la solución óptima. Este método consiste en el cambio de velocidad en cada paso del tiempo sobre todas las partículas dirigiéndolas hacia los mejores resultados, los cuales son escogidos al ser evaluadas las partículas en la función fitness, de esta manera se encuentran las mejores soluciones y la mejor solución global [16], [17], [10].

2.2. Optimización por algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos constituyen una técnica de búsqueda cuyo fundamento es la teoría de la evolución de las especies de Charles Darwin, donde los individuos de una población se cruzan, se reproducen y sobreviven los más aptos en cada generación [18], [19]. Esta técnica ha demostrado ser una herramienta eficiente para resolver problemas de optimización, se presentan aplicaciones en el área de la ingeniería industrial [19], [20], ingeniería electrónica [18] e ingeniería biomédica [21].

El algoritmo genético empieza con un conjunto de soluciones posibles, cada solución posible es un individuo que pertenece al conjunto denominado población. A partir de una población inicial, la cual es generada de forma aleatoria, se aplican los operadores genéticos, los cuales son: selección, mutación y cruce o recombinación.

El operador selección consiste en tomar individuos o cromosomas con el criterio de escoger siempre el mejor. La selección se realiza de manera aleatoria, esta puede presentarse de dos tipos: de manera equiprobable donde todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos o de manera estocástica, en donde los individuos son escogidos por medio de una heurística, esta heurística tiene diferentes procedimientos estocásticos, a continuación se presentan los más usados:

Selección por ruleta: consiste en escoger un cromosoma aleatorio y a partir de esta posición se genera un nuevo aleatorio, el cual va a ser el siguiente cromosoma seleccionado.

Selección por torneo: consiste en escoger una parte de los cromosomas de la población resultante en cada iteración seleccionándose siempre los mejores, de esta manera éstos tienen mayor probabilidad de reproducirse y emigrar que el resto de los cromosomas. Esta evaluación de escoger el mejor está dada por una función denominada fitness, la cual es definida de acuerdo al objetivo que deba cumplir el algoritmo, de esta manera al evaluar los cromosomas, se quedan en la población los que tengan el menor resultado al ser evaluados.

El operador cruce o recombinación consiste en la generación de un cromosoma o individuo en función del cromosoma padre y del cromosoma madre. Este operador es el mayor responsable de la evolución de la población y define rigurosamente las propiedades del algoritmo genético.

El operador mutación es una variación que se realiza sobre los cromosomas, es decir, es el cambio de algún gen a otro producido por algún factor externo del algoritmo genético. Por lo general se aplica a una pequeña parte de la población y se hace de manera aleatoria.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO

3.1. Optimización por enjambre de partículas

Las características de la implementación del enjambre de partículas se establecen a continuación.

Codificación de las partículas: cada partícula contiene dos variables, las cuales representan la coordenada en X y la coordenada en Y.

Criterio de inicialización: La cantidad de partículas las ingresa el usuario en la aplicación y éstas son generadas en las coordenadas positivas con una distribución de las partículas de manera uniforme. Es decir, las partículas siguen este comportamiento: (1,1), (1,2), (2,1), (2,2), (2,3), (3,2), (3,3),... (n,n); Cumpliendo con la cantidad requerida de partículas.

También se inicializa un vector con ceros, el cual corresponde a las velocidades (v) de cada partícula, al igual que un vector en donde están las mejores posiciones (p).

Criterio de parada: la optimización por enjambre de partículas termina cuando se cumple el número de iteraciones ingresadas por el usuario de la aplicación.

Función Fitness: la función fitness es la función a optimizar y en ésta se evalúa cada partícula.

Criterios de reemplazo: en cada iteración a las coordenadas de cada partícula se les suma la velocidad que le corresponde, tal como lo muestran las ecuaciones (1) y (2), es decir, la variable X corresponde a la coordenada en la posición X en el plano

cartesiano. A ésta se le suma su velocidad V_x . A la variable Y corresponde a la coordenada en la posición Y en el plano cartesiano y se le suma V_y , de esta manera se actualiza la posición.

$$x_i = x_i + v_{xi} \quad (1)$$

$$y_i = y_i + v_{yi} \quad (2)$$

Luego, a partir de los mejores valores fitness se actualiza el vector de mejores posiciones (p) y las velocidades (v) se actualizan de acuerdo a las siguientes ecuaciones formuladas para cada una de las coordenadas de la partícula:

$$v_{xi} = [a_1 * w * v_{xi}] + [a_2 * c * p_{xi} - x_i] + [a_3 * c * p_{gi} - x_i] \quad (3)$$

$$v_{yi} = [a_1 * w * v_{yi}] + [a_2 * c * p_{yi} - y_i] + [a_3 * c * p_{gi} - y_i] \quad (4)$$

Donde i representa las iteraciones, a_1 , a_2 y a_3 son números aleatorios, w es el peso de la inercia, c es el valor cognitivo o social. w y c son constantes ingresadas por el usuario y por último p_g es la mejor posición global [1], [22], [23].

En la Fig. 2 se presenta una descripción del algoritmo de enjambre de partículas que se implementó en la aplicación descrito por Elbeltagi, Hegazy y Grierson [8].

```

Inicio;
  Generar población aleatoria de N soluciones (partículas);
  Inicializar el valor w, c;
  Para cada partícula(i);
    Calcular fitness(i);
    Asignar pi como la mejor posición de partícula i;
    Si fitness (i) es mejor que pi;
      pi= fitness(i);
    Fin;
  Asignar pg como el mejor fitness para todas las partículas;
  Para cada partícula;
    Calcular velocidad de acuerdo a las ecuaciones (3) y (4);
    Calcular posición de acuerdo a las ecuaciones (1) y (2);
  Fin;
Fin;
Fin;
    
```

Fig. 2. Descripción del algoritmo de enjambre de partículas. Construcción propia

3.2. Optimización por algoritmos genéticos

Las características de la implementación del algoritmo genético, son:

Codificación de los cromosomas o individuos: en el algoritmo genético implementado cada individuo o cromosoma almacena dos variables, las cuales indican las coordenadas X y Y.

Criterio de inicialización: la población inicial se genera de manera aleatoria y la cantidad de cromosomas o individuos es igual al tamaño de la población que ingrese el usuario en la aplicación.

Criterio de parada: el criterio de parada de un algoritmo genético es el número de generaciones. Sin embargo hay variaciones donde el algoritmo termina cuando se consigue una solución aceptable, es decir, donde se acepta cierto margen de error. En este caso el algoritmo genético termina con el número de generaciones establecidas por el usuario en la aplicación.

Función Fitness: la función fitness es la función a optimizar y en ésta se evalúa cada cromosoma.

Criterio de selección: para seleccionar qué cromosoma va a ser tratado, se aplicó la selección por torneo. Consiste en escoger de manera aleatoria dos cromosomas y el de menor fitness es el cromosoma seleccionado.

Esto con el fin de que los mejores cromosomas sean los usados para buscar una solución cada vez mejor.

Operadores genéticos: los operadores genéticos usados son Cruce y Mutación.

El operador cruce o recombinación nos permite unir una parte de un cromosoma con parte de otro. En este algoritmo genético este operador siempre está dado por la mitad de los cromosomas, como se muestra en la Fig. 3.

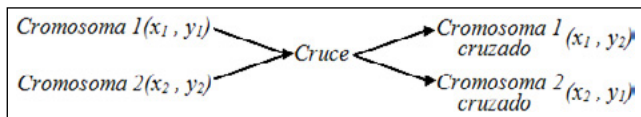


Fig. 3. Cruce entre cromosomas. Construcción propia

El operador mutación consiste en variar una parte del cromosoma, Fig. 4. Este operador por lo general se aplica a una pequeña parte de la población y de manera aleatoria. Sin embargo, es el usuario quien decide cuanto porcentaje de la población es mutada.

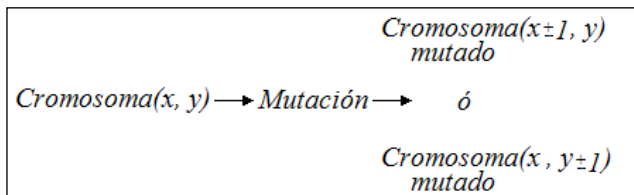


Fig. 4. Mutación entre cromosomas. Construcción propia

Criterios de reemplazo: En este algoritmo genético nuestro criterio de reemplazo de un cromosoma o individuo nuevo por uno de la población actual está dado por la calidad de la solución evaluada por la función fitness. En este caso como es minimizando el reemplazo solo se efectúa si el cromosoma nuevo tiene menor valor fitness que el cromosoma actual [1].

En la Fig. 5 se presenta una descripción del algoritmo genético que se implementó en la aplicación descrito por Elbeltagi, Hegazy y Grierson [8].

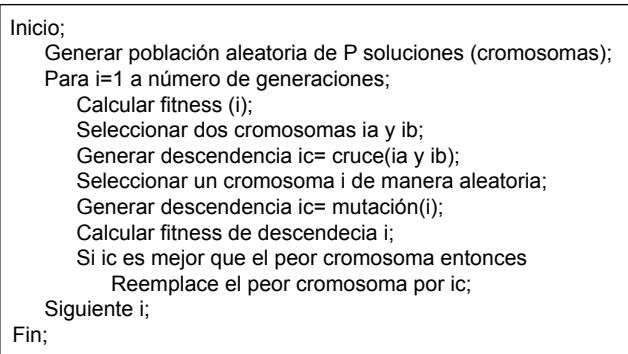


Fig 5. Descripción del algoritmo genético. Construcción propia

4. PRUEBAS

En este trabajo se desarrolló una aplicación en Java, Fig 6, implementando los dos algoritmos antes descritos. Se utilizó el entorno de desarrollo NetBeans, ya que permite medir el coste computacional de los algoritmos, con el fin de garantizar la comparación entre los mismos. La aplicación permite la entrada

de la ecuación que se requiera resolver, no lineal, y los datos que necesita cada uno de los métodos para poder realizar su ejecución. Para el algoritmo de enjambre de partículas el usuario ingresa los valores “cantidad de partículas”, “número de iteraciones”, “inercia” y “corrección”. En el caso del algoritmo genético el usuario ingresa los valores “cantidad de cromosomas”, “número de generaciones” y “porcentaje de mutación”.

Las ecuaciones escogidas para desarrollar las pruebas de los algoritmos implementados en la aplicación son las siguientes:

$$z = (x+20)^2 + (y-15)^2 \quad (5)$$

$$z = x^2 + y^2 + xy + x + 2y \quad (6)$$

$$z = \exp(x) + \exp(y) - 20x - 20y \quad (7)$$

La finalidad del algoritmo desarrollado en java es obtener el menor valor de z.

En la parte inferior derecha de la aplicación, se encuentran tres botones “Correr PSO”, “Correr GA”, “Correr Ambos” y “Resultado”, los cuales tal como sus nombres lo indican permiten ejecutar solamente el algoritmo de enjambre de partículas, solamente el algoritmo genético, ejecutar los dos algoritmos al tiempo y mostrar los resultados útiles para la comparación, respectivamente.

Al oprimir el botón “Resultado”, la aplicación muestra en una ventana los resultados de los parámetros de comparación escogidos para hacer el análisis entre los dos algoritmos. Éstos son:

Max Fitness: indica el máximo valor que toma un cromosoma durante las iteraciones al ser evaluado en la función fitness escogida para cada algoritmo.

Min Fitness: indica el mínimo valor que toma un cromosoma durante las iteraciones al ser evaluado en la función fitness escogida para cada algoritmo.

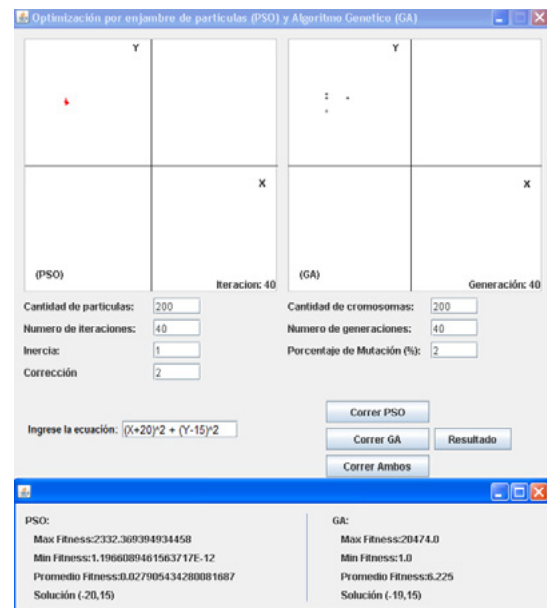


Fig 6. Interfaz gráfica de la aplicación. Construcción propia

Promedio Fitness: indica el valor promedio que toman los cromosomas durante las iteraciones al ser evaluados en la función fitness escogida para cada algoritmo.

Solución: indica la solución que arroja cada algoritmo al ser ejecutado. La solución también es visible en un plano cartesiano, cada uno de los algoritmos tiene sus propios ejes, en los cuales se ubica el punto solución que arroja la ejecución. El plano de la izquierda, Fig 6, corresponde al algoritmo enjambre de partículas y el plano de la derecha corresponde al algoritmo genético.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las tres ecuaciones expresadas anteriormente aplicadas al algoritmo enjambre de partículas. En la Tabla 2 se muestran los resultados de las tres ecuaciones expresadas anteriormente aplicadas al algoritmo genético

5. DISCUSIÓN

A continuación se presenta la comparación entre los dos métodos estudiados mediante las tablas que exponen los resultados de la aplicación al ejecutar los dos algoritmos. En éstas se muestra la función no lineal utilizada, las iteraciones, el valor de la función fitness (promedio, mayor y menor) y la solución de cada una de las pruebas.

Tabla 1. Resultados del algoritmo enjambre de partículas

f(x,y)	Tam	Iteraciones	Valor Fitness			Solución
			Promedio	Menor	Mayor	
1	50	10	34	0	925	(19,15)
		50	0	0	925	(-20,15)
		100	0	0	1033	(-20,15)
	100	10	37	0	1096	(-20,15)
		50	0	0	2982	(-20,15)
		100	0	0	1524	(-20,15)
		10	87	0	6007	(-19,15)
	300	50	0	0	13619	(-20,15)
		100	0	0	9131	(-20,15)
		10	1	-1	168	(0,-1)
50		50	-1	-1	168	(0,-1)
		100	-1	-1	168	(0,-1)
		10	4	-1	330	(0,-1)
2		100	50	-1	-1	358
	100		-1	-1	330	(0,-1)
	10	12	-1	993	(0,-1)	
	300	50	-1	-1	3109	(0,-1)
		100	-1	-1	3377	(0,-1)
3	50	10	-72	-80	1.76x10 ⁹	(3,3)
		50	-80	-80	102216	(3,3)
		100	-80	-80	3715	(3,3)
	10	309	-80	-80	-7.9x10 ⁸	(3,3)
		100	50	-80	-80	-9.2x10 ⁷
	100		-80	-80	-8.5x10 ⁷	(3,3)
	300	10	6.03x10 ⁷	-80	-1	(2,3)
		50	-80	-80	-1	(3,3)
		100	-80	-80	-1	(3,3)

Las ecuaciones (5), (6) y (7) se encuentran dentro de las tablas de resultados en la columna denominada $f(x,y)$ como las funciones 1, 2 y 3 respectivamente. La columna Tam hace referencia al tamaño de la población, es decir, a la cantidad de partículas o cromosomas usados para ejecutar los algoritmos respectivamente.

El algoritmo por enjambre de partículas se configuró con un peso de inercia (w) igual a 1 y una corrección o valor cognitivo (c) igual a 2 y el algoritmo genético se configuró con una mutación del 2%.

Tabla 2. Resultados del algoritmo genético

f(x,y)	Tam	Generaciones	Valor Fitness			Solución
			Promedio	Menor	Mayor	
1	50	10	58	16	20690	(-17,14)
		50	0	0	17576	(-20,15)
		100	2	2	19237	(-21,14)
	100	10	7	4	24125	(-12,9)
		50	11	10	20578	(-22,14)
		100	20	20	21610	(-18,17)
		10	93	1	22480	(-14,12)
	300	50	2	2	23330	(-18,14)
		100	0	0	23834	(-19,15)
		10	128	2	27090	(6,0)
50		50	56	24	24590	(4,-5)
		100	11	0	24858	(1,-2)
		10	8	0	25395	(-4,-3)
2		100	50	18	2	21432
	100		0	0	27651	(-2,-2)
	10	204	-1	27936	(4,1)	
	300	50	-1	-1	23771	(0,0)
		100	0	0	28230	(0,-1)
	50	10	-26	-50	-1	(3,7)
		50	-73	-73	-1	(4,4)
		100	-2	-5	-1	(4,-1)
		10	1.9x10 ⁹	-65	-1	(8,6)
		100	50	-80	-80	-1
100	-80		-80	-1	(3,4)	
10	-1		-73	-1	(6,3)	
300	50	-79	-80	-1	(5,3)	
	100	-73	-73	-1	(3,3)	

Los parámetros para cada uno de los algoritmos fueron asignados de esta manera debido a que los métodos presentaban un mejor comportamiento al ser ejecutados con estos valores.

Los dos algoritmos están basados en parte por variables aleatorias y esto muestra que existe cierto criterio al azar.

Por ejemplo el algoritmo genético encontró la solución óptima con un tamaño de 50 cromosomas y una generación de 50 y en cambio con un tamaño de 300 cromosomas y una generación de 100 no la encontró.

Otro caso particular se presenta en el algoritmo enjambre de partículas donde con una cantidad de 300 partículas y 10 iteraciones no encontró la solución óptima pero con un tamaño de 100 partículas sí.

6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados experimentales arrojados por la aplicación, se puede concluir que los dos métodos obtienen soluciones buenas en un lapso corto de tiempo. Puede que no sea la solución óptima en algunos casos, pero los dos métodos cumplen con la tarea de optimización.

Aun cuando los dos algoritmos estudiados sean métodos metaheurísticos y ambos trabajen con procesos estocásticos, se puede deducir que el algoritmo enjambre de partículas es un método más eficiente optimizando funciones no lineales que el algoritmo genético. Esto se ve reflejado en la optimización de las tres funciones utilizadas en las pruebas, donde el algoritmo de enjambre de partículas demostró ser un método certero para encontrar la solución óptima, diferente al algoritmo genético que en la mayoría de los casos obtuvo sólo soluciones cercanas a la óptima.

A partir del mayor valor de la función fitness se puede concluir que la dispersión de los cromosomas obtenidos en el algoritmo genético es mayor a la dispersión que tienen las partículas en el algoritmo de enjambre.

En cuanto al comportamiento de los métodos para la obtención de la solución, se pudo observar que el algoritmo de enjambre de partículas es más dependiente del número de iteraciones que de la cantidad de partículas con las que inicie el proceso, a diferencia del algoritmo genético el cual es más dependiente de la cantidad de cromosomas que de la cantidad de generaciones con la que es ejecutado.

Como trabajo futuro se espera implementar el algoritmo de enjambre de partículas con otra técnica heurística para la resolución de problemas en corto tiempo y con bajo costo computacional.

REFERENCIAS

- [1] S. Forrest, "Genetic algorithms: Principles of natural selection applied to computation", *Science*, Vol. 261, No. 5123, pp. 872-878, 1993.
- [2] R. Ríos, & L. González, "Investigación de operaciones en acción: Heurísticas para la solución del TSP", *Ingenierías*, Vol. 3, No. 9, pp. 15–20, 2000.
- [3] J.C. Bansal, P.K. Singh, M. Saraswat, A. Verma, S.S. Jadon, & A. Abraham, "Inertia weight strategies in particle swarm optimization", *Proceedings of the 2011 3rd World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, NaBIC 2011*, pp. 633, 2011.
- [4] D. Morillo, L. Moreno, & J. Díaz, "Metodologías Analíticas y Heurísticas para la Solución del Problema de Programación de Tareas con Recursos Restringidos (RCPSP): una revisión. Parte 1", *Ingeniería y Ciencia*, Vol. 10, No. 19, pp. 247–271, 2014.
- [5] E. Elbeltagi, T. Hegazy, & D. Grierson, "Comparison among five evolutionary-based optimization algorithms", *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 19, No. 1, pp. 43-53, 2005.
- [9] R. Eberhart, & J. Kennedy, "New optimizer using particle swarm theory", *Proceedings of the International Symposium on Micro Machine and Human Science*, pp. 39, 1995.
- [7] M. Márquez, "Las metaheurísticas: tendencias actuales y su aplicabilidad en la ergonomía", *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, Vol. 4, No. 12, pp. 108-120, 2014.
- [8] M.A. Muñoz, J.A. López, & E.F. Caicedo, "Inteligencia de enjambres: sociedades para la solución de problemas", *Revista ingeniería e investigación*, Vol. 28, No. 2, pp. 119-130, 2008.
- [9] I.C. Trelea, "The particle swarm optimization algorithm: Convergence analysis and parameter selection", *Information Processing Letters*, Vol. 85, No. 6, pp. 317-325, 2003.

- [10] J. Lima, & B. Barán, "Optimización de Enjambre de Partículas aplicada al Problema del Cajero Viajante Bi-objetivo", *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, Vol. 10, No. 32, pp. 67- 76, 2006.
- [11] D. Vanegas, K. Barragán & R. Correa, "Comparación de las técnicas de optimización por análisis de intervalos y la de enjambre de partículas para funciones con restricciones", *Ingeniería y Universidad*, Vol. 15, No. 1, pp. 47-60, 2011.
- [12] V. Gonzalez, M. Villagra & B. Baran, "Optimización por Enjambre de Partículas para Satisfacción de Fórmulas Booleanas", *34th Latin-American Conference on Informatics*, 2010.
- [13] E. Cortes, "Aplicación del método de Optimización por Enjambre de Partículas (PSO) en el área médica de cito tecnología", *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, Vol. 1, No. 2, 2014.
- [14] D. Vanegas, K. Barragán & R. Correa, "El método de enjambre de partículas y el criterio de mínima entropía en el diseño óptimo de un disipador de calor", *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, Vol. 11, No. 20, pp. 203-214, 2012.
- [15] J. Pérez, & J. Basterrechea, "Optimización con enjambre de partículas aplicada a la reconstrucción del diagrama de radiación de antenas", *XX Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio*, Gandía, 2005.
- [16] R. Eberhart, & J. Kennedy, "New optimizer using particle swarm theory", *Proceedings of the International Symposium on Micro Machine and Human Science*, pp. 39, 1995.
- [17] Z. Ma, & H. Liu, "A kind of improved uniform particle swarm optimization algorithm", *Proceedings-2010 2nd WRI Global Congress on Intelligent Systems, GCIS 2010*, pp. 23, 2010.
- [18] I. Ruge, & M. Alvis, "Aplicación de los algoritmos genéticos para el diseño de un controlador PID adaptativo", *Tecnura*, Vol. 13, No. 25, pp. 81-87, 2009.
- [19] Y. Solano, M. Calvo, & L. Trejos, "Implementación de un algoritmo genético para la asignación de aulas en un centro de estudio", *Uniciencia*, Vol. 1, No. 22, pp. 115-121, 2008.
- [20] G. Mendez, "Diseño de un algoritmo genético para un sistema logístico de distribución", *Ingeniería*, Vol. 5, No. 1, pp. 20-27, 2000.
- [21] C. Galeano, & D. Garzón, "Algoritmos Genéticos aplicados a la Ingeniería biomédica", *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, Vol. 20, No. 3, pp. 402-411, 2011.
- [22] R.C. Eberhart, & Y. Shi, "Particle swarm optimization: Developments, applications and resources", *Proceedings of the IEEE Conference on Evolutionary Computation, ICEC*, pp. 81, 2001.
- [23] D. Karaboga, & B. Akay, "A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 214, No. 1, pp. 108-132, 2009.



Herramienta para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados

Tool for dimensioning of isolated photovoltaic systems

Andrés Felipe Serna Ruiz, MSc.

*Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
afserna@uniquindio.edu.co*

Edward Johan Marín García, MSc.

*Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
jomarin@uniquindio.edu.co*

Sandra Liliana Alzate, MSc.

*Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
slalzate@uniquindio.edu*

(Recibido el 02-05-2016. Aprobado el 05-12-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

A. Serna-Ruiz, E. Marín, S. Alzate, "Herramienta para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados", Lámpsakos, no. 16, pp 61-74, 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1936>

Resumen. En este artículo se dará a conocer el desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaicos Aislados (SFVA). La metodología utilizada en la implementación se basó en el análisis de diferentes modelos matemáticos que han sido utilizados en otras herramientas, complementados con otros hallados en la bibliografía. Como valor agregado al modelamiento, se tiene una base de datos de radiación en la Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia.

El software está implementado en la Interface Gráfica de Usuario (GUI) del programa MatLab®. Esta herramienta ofrece la posibilidad de dimensionar un SFVA, además diseñar y evaluar los resultados obtenidos y así poder tomar decisiones sobre su implementación. Como resultado final la herramienta entregará al diseñador, la configuración y cantidad de paneles solares, el número de acumuladores, la cantidad de reguladores e inversores a utilizar, de acuerdo con elementos escogidos por él o sugeridos por el software.

Palabras clave: Acumuladores, celdas solares, eficiencia, inversores, paneles solares, radiación solar, reguladores, rendimiento.

Abstarct. The development of a tool to deal with isolated photovoltaic systems is presented in this paper. The methodology implemented is based on different mathematic models analysis used in other systems complemented with work referenced by the bibliography. Additionally, a radiation database provided by Universidad del Quindio in Armenia, Colombia has been included throughout this work.

The software is designed by employing GUI Matlab® interface. This tool gives to the user the possibility of dimensioning an SFVA as well as to design and evaluate the obtained results such that it offers to make a correct decision toward a specific implementation. Finally, this software provides to the designer, the configuration parameters, a number of solar panels, accumulators, regulators and inverters needed according to criterion established either by the designer himself or given by the software itself.

Keywords: Accumulators, efficiency, investors, preformance, regulators, solar cells, solar panels, solar radiation.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación del medio ambiente, el afán por evitar el efecto invernadero y el esfuerzo para mejorar la calidad de vida de zonas marginadas y de difícil acceso, hace que las energías limpias sea la mejor alternativa para la solución o desaceleración de estos problemas. Entre estas se encuentran los Sistemas Fotovoltaicos SFV y los SFVA. Diferentes gobiernos alrededor del mundo están interesados en este tipo de soluciones, las Naciones Unidas, UN, han propuesto incluir las energías limpias, creando el protocolo de Kioto [1].

Ya son 187 países que se han acogido al Protocolo de Kioto incluyendo Colombia. Muchos países han implementado estos sistemas y han tenido buenos resultados, por ejemplo España a mayo de 2014 tiene instalado un total de 136.700 MW de potencia acumulada, suponiendo un aumento del 35% con respecto al año anterior, cubriendo más del 30% del consumo eléctrico nacional [2]. Alemania, Japón, Estados Unidos, lideran los países con mayor cantidad de soluciones en este campo [3]. En 2009, se calculó que las nuevas células fotovoltaicas instaladas en todo el mundo generaron un volumen máximo de electricidad de 7,4 GW, de los cuales 5,8 GW corresponden al continente Europeo [4].

El Plan Energético Nacional, PEN, organismo colombiano encargado del desarrollo energético a nivel nacional, en el Plan 2010 – 2030, contempla como alternativa de solución los SFVA proyectado hacia el año 2030 [5], ya que la ausencia de interconexión eléctrica en ciertas zonas del país alcanzan el 66% del territorio nacional, en su mayoría al sur y al oriente, debido a varias causas entre ellas los altos costos que implican el acercamiento de las redes a estas zonas [6].

Dimensionar estos sistemas, requiere una serie de conocimientos básicos y avanzados en el modelamiento matemático de semiconductores que involucran la variable temperatura, la cual interviene en el rendimiento del panel solar; de las situaciones geográficas del lugar de instalación (latitud y longitud), pues esto da una idea de la radiación incidente, dependiendo de la época del año, la cual se utiliza en el dimensionamiento, y de otros parámetros que son de importancia en esto.

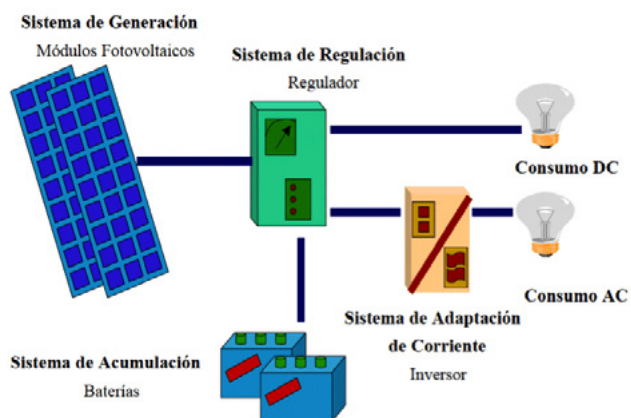


Fig. 1. Diagrama en bloques de un Sistema Fotovoltaico Aislado

Fuente: <http://alternativarenovable.blogspot.com.co/2015/02/sistema-fotovoltaico.html>

Este trabajo expondrá el desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento de sistemas Fotovoltaicos, donde el diseñador proporcionará unos datos básicos o en su defecto sugerido, y como resultado el software mostrará la cantidad y la conexión para la instalación de los paneles solares, reguladores, inversores y acumuladores necesarios para cumplir con las condiciones planteadas. La herramienta está implementada en la Interface Gráfica de Usuario (GUI) del programa MatLab® [7], [8], (licenciado por la Universidad del Quindío), la cual permite crear una interfaz de usuario amigable con las personas que lo vayan a utilizar.

Este documento le mostrará al lector las etapas y cálculos involucrados en sistemas fotovoltaicos aislados como son los paneles solares con las ecuaciones de corriente, voltaje y potencia, los reguladores, acumuladores e inversores y sus características y la descripción de las variables que necesarias para el dimensionamiento de SFVA. Por último se presentan los resultados de la herramienta desarrollada y la comparación con otras dos herramientas comerciales de similares características en términos de las diferencias y similitudes que puedan presentar.

2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS

Un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado (SFVA), está compuesto de los siguientes elementos: Paneles solares, Reguladores, Acumuladores o Baterías, Inversores y cargas en AC y/o DC [9]. La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques.

El proceso de generación de energía se realiza a través de los Paneles Solares, los cuales aprovechan la energía recibida por el sol y en un proceso de conversión los fototransistores, elemento activo en los Paneles, convierten esta radiación solar en energía eléctrica. Luego es recibida por el regulador, que sirve de instrumento para entregar de una manera controlada a los acumuladores y en caso de ser necesario al inversor. Los acumuladores almacenan la energía recibida, para que, una vez los paneles no estén funcionando por ausencia de radiación solar, sean ellos quien suministre la energía al regulador. El Inversor recibe la energía del regulador, en DC y la convierte a AC y se la entrega a las cargas AC. Las cargas DC reciben la energía directamente del regulador o desde la batería.

2.1. Paneles Solares:

Son dispositivos que tienen la capacidad de convertir la luz solar en energía eléctrica. Su estructura interna son un grupo de celdas solares interconectadas y protegidas contra la intemperie, impactos y corrosión producida por el mismo medio ambiente [10]. Para explicar el proceso de conversión de la energía solar en energía eléctrica, se debe abarcar los principios físicos que se involucran en su fabricación [11].

Las celdas solares tienen su razón de ser en el efecto fotoeléctrico de los semiconductores [12]. En donde, la corriente total I está dada por:

$$I = I_L - I_0 \left(\exp \left(\frac{V}{m V_T} \right) - 1 \right) \quad (1)$$

Donde I_L es la fotocorriente, I_0 es la corriente del diodo, V la tensión aplicada al semiconductor, m factor de idealidad del diodo (valor entre 1 y 2), V_T es el potencial térmico regido por la constante de Boltzmann a una temperatura ambiente de 300°K y la carga del electrón ($V_T = 25.85 \text{ mV}$, en estas condiciones). De La ecuación 1 se puede decir que en una celda solar la corriente es un balance entre la fotocorriente y la

corriente de oscuridad. Si la tensión aplicada es 0 V (celda en corto circuito) la corriente final es la fotocorriente I_L y permanece constante hasta que el voltaje en la celda alcanza el voltaje del diodo, I_L disminuye abruptamente hasta alcanzar un valor nulo (celda en circuito abierto), es decir, las corrientes quedan compensadas.

Parámetros de las Celdas solares y Paneles Solares

Las celdas solares involucran en su estructura varios parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de proponer el dimensionamiento de SFVA.

La corriente en corto circuito I_{SC} y tensión en circuito abierto V_{OC} . Si se toma (1), se puede calcular la corriente en corto circuito y el voltaje en circuito abierto, como sigue [12]:

$$I_{SC} = I_L$$

$$V_{OC} = m \frac{K T_C}{e} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \quad (2)$$

De forma tal que (1), se puede escribir en términos de las especificaciones técnicas suministradas por los fabricantes así [12]:

$$I = I_{SC} \left(1 - \exp \left(\frac{e (V_{OC} - V)}{m K T_C} \right) \right) \quad (3)$$

La Potencia y específicamente el punto de máxima potencia (MPP), el cual se puede definir como el punto de máxima inflexión es decir [12]:

$$\frac{dI}{dV} = - \frac{i_{mpp}}{V_{mpp}} \quad (4)$$

El Factor de Forma o Factor de Potencia (FF), es la relación existente entre la potencia máxima y la potencia en condiciones iniciales, oscila entre 0 y 1; Entre más cercano este el factor a 1, más potencia es aprovechada (situación ideal). Un FF entre 0,7 y 0,8 son valores normales encontrados. Teniendo en cuenta esto, se puede deducir que [12]:

$$P_{mpp} = FF I_{SC} V_{OC} \quad (5)$$

La Eficiencia (η), corresponde al valor de FF en el mejor de los casos, es decir, cuando existe máxima transferencia de potencia a la carga y por tanto la celda está trabajando en su punto de máxima potencia [12] [13].

$$\eta = \frac{I_{mpp} V_{mpp}}{P_L} \quad (6)$$

Donde P_L es la potencia luminosa que incide en la célula.

La implementación de un panel se hace con varias celdas solares, de forma que todos estos valores se ven afectados por las uniones metálicas entre ellas, lo cual reduce a FF y V_{OC} . Es decir se debe tener en cuenta la resistencia en serie creada por las uniones de las celdas, R_S , así que, de (3) se tiene que [12]:

$$I = I_{SC} - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + I R_S}{m V_T} \right) - 1 \right] \quad (7)$$

Aunque existen corrientes de fuga que pueden afectar esta corriente no se tendrán en cuenta aquí, pues son demasiado pequeñas [12].

La temperatura ambiente y la radiación solar son los parámetros externos más importantes en el comportamiento de las celdas solares. Un aumento de la temperatura genera un aumento en la fotocorriente, sin embargo la tensión V_{OC} se reduce notablemente. Este parámetro es de mucha importancia en el dimensionamiento, y se entiende como la tasa de cambio del voltaje con respecto a la temperatura. La forma de encapsular las celdas hace de esta variación más importante en ciertos casos, por ejemplo los fabricantes de celdas de Silicio dan un valor de variación de voltaje en circuito abierto por cada grado de $-2,3 \frac{mV}{(^\circ C)}$ [12]. El Factor de Forma y la eficiencia también se ven afectados con las variaciones de la temperatura, disminuyendo en:

$$-0,4 \frac{\%}{(^\circ C)}$$

Para la Irradiancia o Potencia Incidente de los rayos solares por unidad de superficie $\left(\frac{W}{m^2} \right)$, se define la unidad Sol, así [12], [13], [14]:

$$1 \text{ Sol} = \frac{1000 \text{ W}}{m^2} \quad (8)$$

Para una masa de aire $AM = 1$

La corriente en corto circuito, I_{SC} , en términos de Soles, se puede hallar de la siguiente manera:

$$I_{SC} = X I_{SC} \quad (9)$$

Donde X es el nivel de irradiancia en soles.

Caracterización de Paneles solares en laboratorios

Se puede caracterizar las celdas solares, en un laboratorio, utilizando medidas estándares, una de las formas es el STC (*Standard Test Conditions*) y otra el NOCT (*Normal Operating Cell Temperature*)

El STC, es una medida que el fabricante hace en un laboratorio, en condiciones controladas de radiación, temperatura y Masa de Aire, en su orden $\frac{1000 \text{ W}}{m^2}$, $25^\circ C$ y 1.5 [12].

En NOCT, se realiza un cambio en la masa de aire por la de velocidad de viento, quedando las condiciones controladas como, $\frac{800 \text{ W}}{m^2}$, $20^\circ C$ y 1 m/s [12].

2.2. Reguladores

Este componente tiene la finalidad de producir el acople correcto entre el Panel Solar, los acumuladores y los inversores o las cargas en DC (si existen). En un SFVA es indispensable su uso, siempre y cuando lo paneles no sean regulados, pues controla la carga en la batería, limitando la alimentación de tensión una vez esté está cargada y además controla la carga para que no agote completamente los acumuladores [10].

Existen diferentes tipos de reguladores, los cuales se diferencian por la máxima corriente que aceptan provenientes de los Paneles Solares, máxima corriente de suministro al acumulador, voltaje de entrada de descarga, protección eléctrica (fusibles para cortocircuito o iluminación), etc.

Un aspecto importante a tener en cuenta en los reguladores es el Seguimiento al Punto de Máxima Potencia (MPPT). Esto significa que el regulador determina el punto óptimo de trabajo de los Paneles Solares [6].

2.3. Inversores

Son elementos que tienen como objetivo transformar la corriente DC que proporciona los acumuladores y/o Panel Solar en corriente AC, para alimentar cargas que usan este tipo de corriente. El uso de estos dispositivos en un SFVA disminuye la eficiencia de funcionamiento, ya que es necesario transformar un voltaje bajo de 12 ó 24V a 110 ó 240 V AC. No en todo SFVA se utiliza el inversor, únicamente cuando se necesitan alimentar cargas que funcionen en AC, en este caso se debe tener en cuenta la potencia que demanda las cargas en un instante de tiempo, de este modo se elegirá un inversor cuya potencia sea un 20% superior a la demandada de las cargas [11].

2.4. Acumuladores

Son elementos que básicamente se encargan de acumular la energía eléctrica, mediante una transformación de energía electroquímica, generada por el SFV para poder disponer de ella en ausencia de luz solar o cuando esta no sea suficiente para alimentar toda la carga. La disponibilidad comercial de las baterías se limitan a vasos de 2 V, en tecnologías Pb-Ácido, Ni-Cd (En desuso) y Lón-Li. Otro aporte importante de los acumuladores es que protegen los equipos de consumo, haciendo que fluctuaciones y picos dañinos que se generan en los paneles FV, no pasen directo a ellos (los acumuladores son muy estables en las señales transmitidas).

Hay varias características técnicas proporcionadas por los fabricantes, que sirven para el dimensionamiento SFVA:

Capacidad nominal (C_n): carga eléctrica que puede ser extraída a un acumulador hasta llegar a la descarga total.

Régimen de carga/descarga: Corriente que se le aplica al acumulador para reestablecer o extraer la capacidad nominal. En general los fabricantes trabajan con un régimen de carga C_{10} , donde la numeración indica el tiempo de descarga que a la vez relaciona con los amperios horas descargados. Esta relación no es lineal en los SFV, los cuales generalmente son del orden de C_{100}

Pueden permanecer largos periodos de tiempo cargados y soportar descargas profundas esporádicamente. Para definir el tamaño necesario de los acumuladores es necesario tener en cuenta la

Profundidad de descarga máxima que es el nivel máximo de descarga que se le permite al acumulador antes de la desconexión del regulador, para proteger la duración de la misma. Las profundidades de descarga máximas que se suelen considerar para un ciclo diario (profundidad de descarga máxima diaria) están en torno al 15%–20%. Para el caso del ciclo estacional, que es el número máximo de días que podrá un acumulador estar descargándose sin recibir en los módulos radiación solar suficiente, están alrededor de 4 a 10 días y una profundidad de descarga del 70% aproximadamente.

En instalaciones fotovoltaicas no se buscan descargas agresivas, sino más bien progresivas, por esta razón los acumuladores a utilizar suelen ser con descarga de 100 horas (C_{100}), pues cuanto más intensa es la descarga de un acumulador menos energía es capaz de suministrar. Además, se suelen especificar con tiempos de descarga de 100 horas por que al hablar de tiempos de autonomía de 5 o más días la descarga se produciría en, por ejemplo, $24 \times 5 = 120$ horas, y por defecto, se escogen entonces las 100 horas [8].

2.5. Variables del modelo

En el modelo matemático intervienen diferentes variables a saber, G_{CEM} irradiancia solar global, generalmente se toma como 1000 W/m^2 , recibida por el panel [12].

P_{mp} = Potencia pico del generador (dado por el fabricante) <kWp>.

E_{CC} = Consumo hora día de cargas de CC <KWh/d>.

E_{AC} = Consumo hora día de cargas de AC <KWh/d>.

G_{dm} = Irradiancia que recibe el panel de acuerdo con su inclinación y su ubicación terrestre (latitud y longitud).

T = Temperatura ambiente.

β = Inclinación del módulo.

C = Capacidad del acumulador.

η = Rendimiento, puede ser del inversor, del acumulador o del regulador (proporcionado por el fabricante).

L_D = Corriente que necesitan las cargas conectadas al sistema por hora en 1 día.

α =Orientación de los paneles (proporcionado por la ubicación terrestre del panel).

FI = Factor de irradiación, indica que tan eficazmente se está recibiendo la irradiación.

PR = Rendimiento energético de la instalación.

A continuación se presentan las diferentes fórmulas que intervienen en el dimensionamiento del SFVA propuesto [15].

Para determinar el consumo total:

$$E_{CC} = \sum \text{cantidad} * \text{horas} * P_{nsc} \quad (10)$$

$$E_{AC} = \sum \text{cantidad} * \text{horas} * P_{nac} \quad (11)$$

$$E_T = E_{CC} + E_{AC} \quad (12)$$

Donde:

P_{nsc} = Potencia de cada equipo de CC conectado en vatios <W>.

P_{nac} = Potencia de cada equipo de CA conectado en vatios <W>.

cantidad = Cantidad de equipos de las mismas características.

horas = Las horas que se prevé que esté en marcha el equipo en el tiempo de autonomía para el que fue diseñado.

Las pérdidas en la instalación (η_t), se pueden calcular teniendo en cuenta las pérdidas por auto descarga de la batería (η_a), pérdidas debido al rendimiento de la batería (η_b), pérdidas debido al rendimiento del inversor (η_{inv}), pérdidas debido al rendimiento del regulador (η_r), otras perdidas no contempladas debido a efecto Joule u otros (η_x) y PD_{max} que es la profundidad de descarga de la batería, todos estos valores son proporcionados por los fabricantes. Además se tienen un valor que debe ser ingresado por el diseñador, este es el número de días de autonomía con baja o nula insolación. Es decir la pérdida total de la instalación está dada por la ecuación [15].

$$\eta_t = [1 - (\eta_b + \eta_{inv} + \eta_r + \eta_x)] * \left[1 - \frac{K_a * D_{aut}}{PD_{max}}\right] \quad (13)$$

Con K_a como las pérdidas debido a la auto-descarga diaria de la batería, dada a los 20°C. Ésta pérdida suele venir en las hojas de características dadas por el fabricante de la batería, su valor por defecto es 0,5%. Además, D_{aut} son los días de autonomía con baja o nula insolación [15].

Además de estas pérdidas y por considerarse de gran importancia se van a tener en cuenta las pérdidas por temperatura, que va a reflejarse en la eficiencia energética del sistema, ya que va a determinar la auto descarga y la capacidad nominal de los acumuladores, el rendimiento del inversor, la tensión final de carga y la eficiencia del panel.

Para hallar el consumo total LD en <Ah/día> y el consumo total máximo al día LD_{max} en <Ah/día>, se tiene [15]:

$$L_D = \frac{E_t}{V_{nom}} \quad (14)$$

$$L_{Dmax} = \frac{L_D}{\eta_t} \quad (15)$$

Donde:

V_{nom} =Tensión nominal de la instalación, dado por los acumuladores que se utilizarán (entre 12 V ,24 V ó 48 V), este valor se escoge de una base de datos de fabricantes de acumuladores [15].

E_t = Consumo total <Wh/día>.

Para determinar el número total de Paneles Solares, se debe tener en cuenta la energía total de los paneles (E_{panel}), se debe tener en cuenta η_{panel} , $I_{maxpanel}$ y la HSP (hora solar pico); los dos primeros valores son proporcionados por los fabricantes y el diseñador lo selecciona al escoger el panel que desea utilizar y el tercer valor es la irradiación solar, la cual será calculada una vez el diseñador escoja la ubicación del SFVA.

$$E_{panel} \left(\frac{Ah}{dia}\right) = \eta_{panel} * I_{maxpanel} * HSP \quad (16)$$

Y con el número total de paneles, ya se puede proceder a hallar la configuración requerida para la instalación de estos, para la cantidad de paneles en paralelo, N_{pp} [15]:

$$N_{pp} = \frac{C_{tmax} * \left(\frac{Ah}{dia}\right)}{E_{panel}} \quad (17)$$

Para la cantidad de paneles en serie [15]:

$$N_{ps} = \frac{V_{nom}}{V_{maxpanel}} \quad (18)$$

Y en conclusión, la cantidad de paneles totales [15]:

$$N_{tp} = N_{pp} * N_{ps} \quad (19)$$

Para determinar el número total de Acumuladores (N_{acum}) [15]:

$$C_{nombat} = \frac{L_{Dmax} * \left(\frac{Ah}{dia}\right) * d_{aut}}{P_{dmax}} \quad (20)$$

$$N_{acum} = \frac{C_{nombat}}{C_{acum}} \quad (21)$$

Donde:

C_{nombat} = Capacidad nominal total de los acumuladores.

d_{aut} =Días de autonomía. Proporcionado por el diseñador.

L_{Dmax} =Consumo total máximo considerando las pérdidas en el sistema (en Ah/día).

P_{Dmax} = Profundidad máxima de descarga. Proporcionado por el fabricante y escogido por el diseñador de una base de datos preestablecida

C_{acum} = Capacidad nominal de un acumulador. Proporcionado por el fabricante y escogido por el diseñador de una base de datos preestablecida

N_{acum} = Número de acumuladores a usar.

Para determinar la cantidad de reguladores se debe tener en cuenta el tipo de regulador que se va a utilizar.

a. *De carga de conmutación.* En el primer caso la suma de las corrientes en corto circuito (I_{sc}) de todos los paneles solares más un 20% de este valor proporcionará el valor total del regulador necesario.

b. *De carga solar con MPPT.* Se deben sumar las potencias de todos los módulos solares conectados en (Wp), este valor no debe sobrepasar la potencia máxima de entrada del regulador. Luego se debe sumar el Voltaje en circuito abierto (V_{oc}) de todos los módulos conectados en serie, este valor no debe sobrepasar la tensión máxima de entrada del regulador. Es importante tener en cuenta que la variación de la temperatura en los paneles solares, hace variar el V_{oc} , aumentando al bajar esta.

Y en general, para hallar la corriente que soporta el regulador la cual nos va a dar el tipo o los tipos de reguladores requeridos [15]:

$$I_{reg} = 1,2 * N_{pp} * I_{maxpanel} \quad (22)$$

Donde N_{pp} es el número de paneles en paralelo e $I_{maxpanel}$ es la corriente máxima que proporcional el panel.

Y por último para determinar la cantidad de inversores:

Se debe tener en cuenta la tensión de entrada del inversor, proveniente del regulador, la potencia máxima que debe proporcionar, la forma de onda (senoidal pura o modificada), la frecuencia de trabajo, la eficiencia (normalmente 85%).

2.6. Software

Es importante destacar el entorno de programación realizado en la plataforma MatLab®, usando la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI). La Fig. 2 muestra el entorno de trabajo para los diseñadores.

Esta herramienta ofrece la posibilidad de diseñar y evaluar SFVA. Con los resultados obtenidos, tomar decisiones sobre el dimensionado. La herramienta entregará la configuración y cantidad de paneles solares, el número de acumuladores, y la cantidad de reguladores e inversores.

Las variables de entrada están definidas como:

Cargas: Es la potencia en W que consume los equipos que van a estar conectados al SFVA, esta cantidad debe ser ingresada por el diseñador de forma detallada (por cada carga) o general (por todas las cargas).

Tiempo de uso de las cargas: Es la cantidad de horas en las que las cargas están consumiendo energía del SFVA.

Cantidad de Cargas: Es la cantidad de dispositivos que consumen la misma potencia en el SFVA.

Autonomía: Es el tiempo en días en las que el sistema puede funcionar en total ausencia de luz solar (la norma indica que como mínimo un SFVA debe diseñarse para 3 días de autonomía).

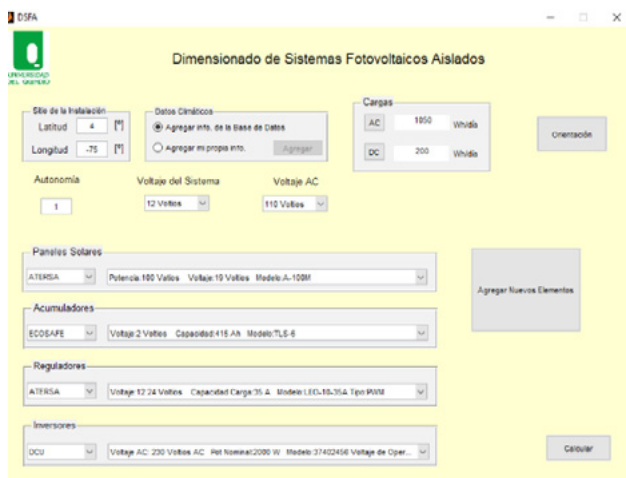


Fig. 2. Entorno de trabajo de la herramienta para el dimensionamiento desarrollada

Longitud y Latitud del sitio: Son las coordenadas que indican el lugar donde se pondría el SFVA. Es necesario conocer el lugar para que el software, a través de una base de datos, conozca la radiación, temperatura, humedad y demás variables del lugar, para tener una mayor precisión a la hora de realizar el dimensionamiento.

Tipo de Panel Solar: El usuario debe determinar que Panel Solar desea usar, escogiéndolo de la base de datos que proporcionará el software. El usuario debe tener en cuenta que cada Panel tiene características técnicas distintas.

Tipo de Acumuladores: El usuario indica que acumulador desea usar en su SFVA.

Cantidad de Cargas AC y DC: Es el número de elementos que consumen corriente alterna y corriente continua. Es necesario para saber dimensionar la cantidad de inversores en caso de ser usados.

Como variables opcionales se tiene la **temperatura**.

Sin importar el método que se escoja, el software arrojará:

Configuración: Indica cómo deben conectarse los elementos que conforman el SFVA.

Número de Paneles Solares: Indica la cantidad de Paneles Solares que son necesarios para satisfacer con las variables de entrada

Número de Acumuladores: Indica el número de estos que deben ser colocados en el SFVA, para cumplir con los requerimientos del usuario.

Número de Inversores: Indica cuantos inversores deben usarse.

Orientación de los Paneles: Muestra cómo debe ajustarse los paneles solares para aprovechar eficientemente la luz solar que reciben.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar con criterios de confiabilidad del software desarrollado, se compararon los resultados obtenidos, con dos software con características funcionales similares como son: *CalculationSolar* [16] y *PVSist* [17].

La primera *CalculationSolar*, es una herramienta totalmente gratuita se encuentra disponible *On Line* en la página <http://calculationsolar.com/es/>, de origen español, el cual usa la base de datos NREL-NASA para obtener las Hora Solar Pico (*HSP*) del lugar; para la segunda se puede bajar una versión demo de la página <http://www.pvsyst.com/en/>, software Suizo que usa la Base de Datos SSE-NASA. A continuación se mostrará en la Tabla 1, las semejanzas y diferencias de los dos software seleccionados y el propuesto, la herramienta propuesta también usará

como soporte la Base de Datos NASA (SSE-NASA) [14], que posee datos de 22 años desde julio de 1983 hasta junio de 2005 (9 años de atraso).

Tabla 1. Similitudes y diferencias entre los software CalculationSolar, PVSist y la herramienta propuesta.

Variables adquirida por Bases de Datos o información de fabricantes	Cálculo Solar	PVSist	Herramienta propuesta
Radiación Solar por zonas	Si. BD NASA	Si. BD NASA	Si. BD NASA
Radiación Solar específica para Armenia	No	No	Si
Temperatura por zonas	No	Si. BD NASA	Si. BD NASA
Temperatura específica para Armenia	No	No	Si. BD propia para la UQ
Longitud y Latitud sitio por BD	Si	Si	Si
Tipo Panel	Si	Si	Si
Tipo de Acumulador	Si	Si	Si
Tipo regulador	Si	No	Si
Tipo Inversor	Si	No	Si
Planteamiento de diseño para cargas AC	Si	Si	Si
Planteamiento de diseño para cargas DC	No	No	Si

Cabe anotar que la herramienta propuesta está creando una Base de Datos propia para la Universidad del Quindío de la radiación solar y temperatura en el campus universitario [18], teniendo datos de noviembre de 2013 y febrero a junio de 2014. Valor agregado muy importante ya que el cambio climático y los agujeros en la capa de ozono hacen que estos valores se vean alterados. Otra ventaja adicional que representa el software propuesto y de gran importancia en la herramienta SFVA es la capacidad de diseñar para cargas DC únicamente, ya que con la tecnología LED para iluminación, área de gran demanda en la implementación de estos sistemas, no tendrá en cuenta las pérdidas por el inversor, proponiendo un diseño más óptimo.

En la Tabla 2, se comparan las herramientas en cuanto a la manipulación del diseñador. En esta el usuario puede ingresar datos que considere necesarios o que, a su criterio, no se encuentren bien especificados en la base de datos o no existan en ella.

Tabla 2. Comparación diferencias y similitudes entre software propuesto y de referencia. Los datos deben ser ingresados por el diseñador. Propuesta.

Variables que pueden ingresar el diseñador	Cálculo Solar	PVSist	Herramienta propuesta
Carga (W)	Si	Si	Si
Tiempo de uso de la carga (h)	Si	Si	Si
Cantidad de cargas en AC y DC	Si	Si	Si
Autonomía (días)	Si	Si	Si
Ubicación del sitio (latitud y longitud)	Si	Si	Si
Radiación (Whd/d)	No	Si	Si
Temperatura	No	Si	Si
Paneles solares específicos	No	No	Si

Por ejemplo, el diseñador puede fabricar sus propios paneles solares, de acuerdo con unas especificaciones propias de requerimiento, en este caso él puede ingresar los datos que caracterizan los paneles solares y la herramienta efectuará los cálculos para el diseño del SFVA, el diseñador puede ingresar la temperatura del lugar de implementación del diseño.

Para realizar una comparación del comportamiento de la herramienta con respecto a dos existentes en el mercado mundial (*CalculationSolar* y *PVSyst*), se realizó el diseño para un lugar en donde se consume 915 W/día, para 3 días de autonomía, en la ciudad de Bogotá, con inclinación de 15° y acimut 0°. Voltaje de instalación 24 V.

Las siguientes tablas muestran una comparación de los resultados. Donde:

- NPS: Numero de paneles en serie.
- NPP: Número paneles en paralelo.
- NPT: Número total paneles.
- NAS: Número de acumuladores en serie.
- NAP: Número de acumuladores en paralelo.
- NAT: Número total de acumuladores.
- NR: Número total de reguladores.
- NI: Número total de inversores.
- ETC: Energía Total de consumo.
- CS: *CalculationSolar*.
- PVS: *PVSyst*.
- HDFV: Herramienta de dimensionamiento fotovoltaico propuesta.
- NA: No aplica.
- NA: No aplica.

Ejemplo 1: Se presenta un sistema con especificaciones de acuerdo a la Tabla 3. Se realizó el dimensionamiento usando las 3 herramientas y se comparó los resultados que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 3. Configuración del sistema para el ejemplo 1

Elemento	Referencia
Panel Solar	SunLink 40 Wp – 14 V
Acumuladores	BAE Secura 2 V–286 Ah
Reguladores	STECA SOLSUM 8/8 PWM
Inversor	STUDER AJ 1200 – 24

Tabla 4. Resultados del ejemplo 1

Herramienta	CS	PVS	HDFV
NPS		1	1
NPP	1	2	2
NPT	3	2	2
NAS	12	12	12
NAP	1	1	1
NAT	12	12	12
NR	3	NA	3
NI	4	NA	4

Ejemplo 2: Se presenta un sistema con especificaciones de acuerdo a la Tabla 5. Se realizó el dimensionamiento usando las 3 herramientas y se comparó los resultados que se presentan en la Tabla 6.

Tabla 5. Configuración del sistema para el ejemplo 2

Elemento	Referencia
Panel Solar	YSP YSP-85P Policristalino
Acumuladores	TROJAN T125 FLAT PLATE
Reguladores	STECA SOLSUM 8/8 PWM
Inversor	STUDER AJ 1200 – 24

Tabla 6. Resultados del ejemplo 2

Herramienta	CS	PVS	HDFV
NPS	2	2	2
NPP	3	2	2
NPT	6	4	4
NAS	4	4	4
NAP	1	1	1
NAT	4	4	4
NR	2	NA	2
NI	1	NA	1

Ejemplo 3: Se presenta un sistema con especificaciones de acuerdo a la Tabla 7. Se realizó el dimensionamiento usando las 3 herramientas y se comparó los resultados que se presentan en la Tabla 8.

Tabla 7. Configuración del sistema para el ejemplo 3

Elemento	Referencia
Panel Solar	LUXOR Eco line 72/190 W Monocristalino
Acumuladores	BAE 6PVV 660 TUBULAR–PLATE
Reguladores	STECA SOLSUM 8/8 PWM
Inversor	VICTRON PHOENIX 24/350 SCHUKO

Tabla 8. Resultados del ejemplo 3

Herramienta	CS	PVS	HDFV
NPS	2	2	2
NPP	4	4	4
NPT	8	8	8
NAS	12	12	12
NAP	1	1	1
NAT	12	12	12
NR	2	NA	2
NI	1	NA	1

En el ejemplo 2 y en el 3, el número total de paneles en la herramienta 1 fue de 6 mientras en la 2 y la 3 fue de 4; 2 paneles más lo que implica el aumento en costos y áreas de instalación. Y la herramienta 2 no da cantidad de reguladores.

La herramienta desarrollada presenta algunas características. En la Fig. 3 se muestra la forma en cómo se debe posicionar el Panel Solar de acuerdo a su inclinación.

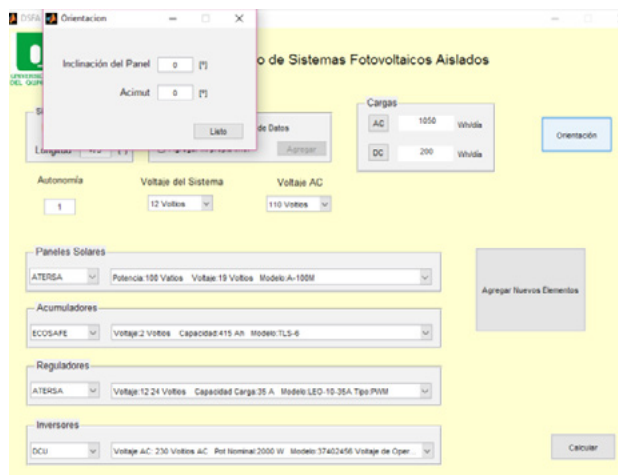


Fig. 3. Configuración para la posición del Panel Solar acorde a su inclinación

La Fig. 4 muestra la versatilidad del software al dar la posibilidad de agregar nuevos elementos de diseño.

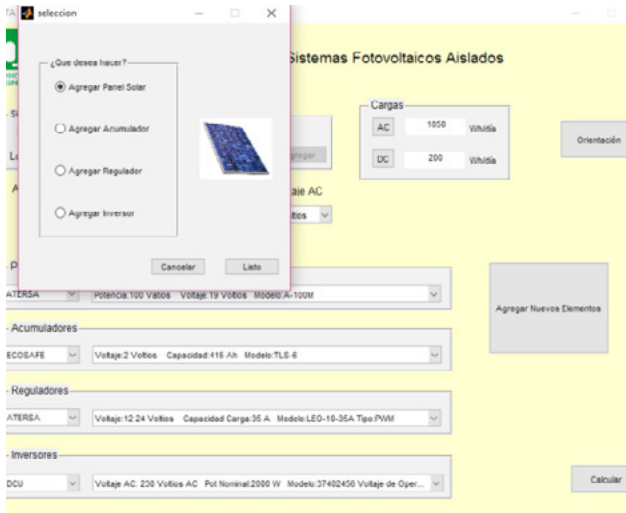


Fig. 4. Configuración para adicionar nuevos elementos en el diseño

La Fig. 5 muestra la ventana emergente de indicación de error en caso de que el voltaje asignado no sea el mismo para todo el sistema.

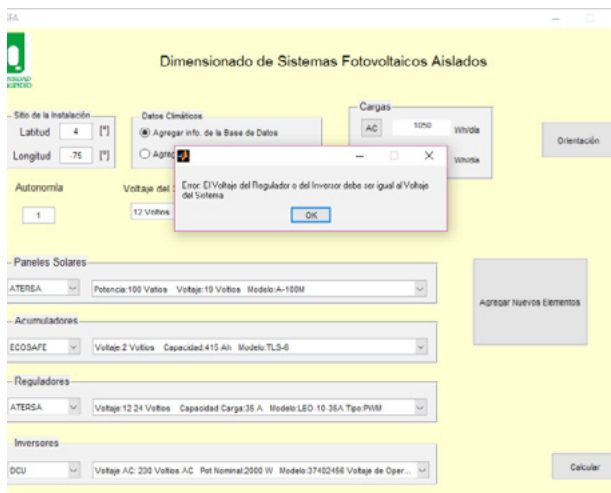


Fig. 5. Ventana emergente indicación de error por asignación de voltaje

Por último, en la Fig. 6 se puede apreciar el resultado obtenido del dimensionado de un sistema con características como: paneles en serie, paneles en paralelo, número total de paneles, acumuladores en serie, en paralelo, número total de acumuladores, número de reguladores y de inversores utilizados.



Fig. 6. Resultado del dimensionamiento de un sistema fotovoltaico

También el software ofrece la posibilidad de generar un informe detallado con toda la información que se usó para el dimensionamiento del SFVA, como por ejemplo, los datos de ubicación y orientación, las cargas usadas, la irradiancia, la temperatura, los datos eléctricos de cada elemento y las HSP. La Fig. 7 muestra una parte de la ventana que se genera en HTML con la información ejecutiva del diseño.

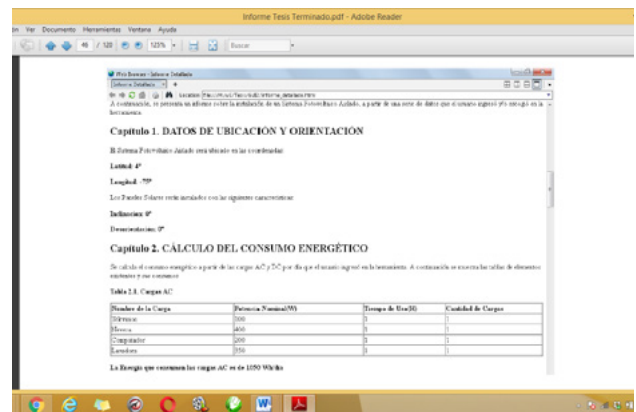


Fig. 7. Informe detallado sobre el dimensionado del SFVA

Para evaluar el funcionamiento de la herramienta desarrollada, se mostrará la comparación realizada con el software *CalculationSolar* (por su robustez y confiabilidad), en un escenario con las características presentadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Características de escenario para evaluar la herramienta desarrollada

Ciudad	Armenia, Quindío.
Latitud	4°
Longitud	-75°
Inclinación	0°
Desorientación	0°
Días de Autonomía	3 días
Voltaje del Sistema	12 V
Panel Solar	ATERSAA-100M
Acumulador	TROJAN-27-GEL
Regulador	ATERSA LEO-10-35-A PWM
Inversor	VICTRON PHOENIX-12/350-SCHUKO

Evaluando en las dos herramientas se presentan los siguientes resultados. Como se puede apreciar en la Fig. 8, la cantidad de paneles solares para ambas herramientas en general, es igual en el rango de 0 a 800 Wh/día y 1200 a 1800 Wh/día.

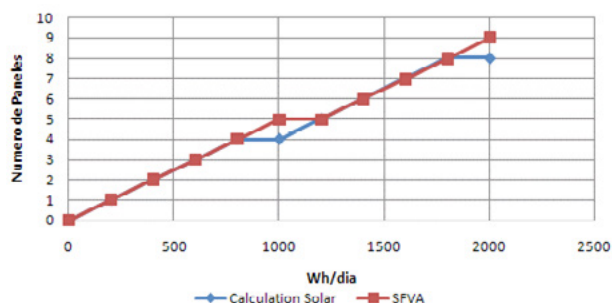


Fig. 8. Número de paneles Vs Consumo de energía

En la Fig. 9, la cantidad de acumuladores es exactamente la misma para ambas herramientas.

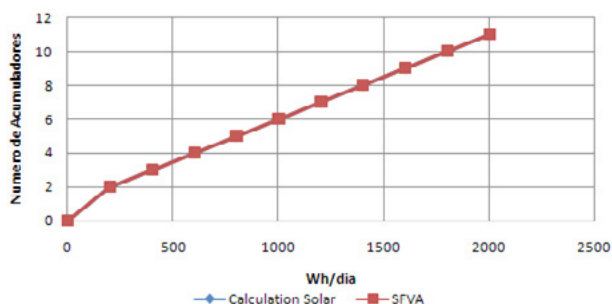


Fig. 9. Número de acumuladores Vs Consumo de energía

En la Fig. 10, la cantidad de reguladores es exactamente la misma para ambas herramientas.

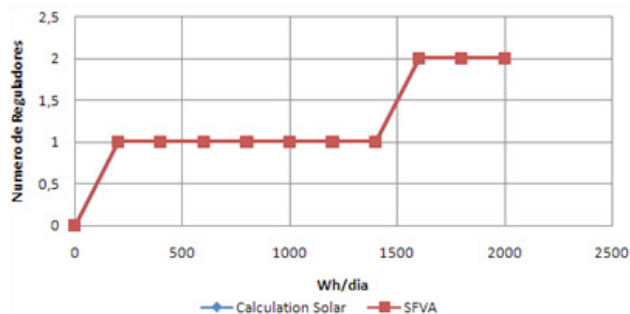


Fig. 10. Número de reguladores Vs Consumo de energía

Como se puede apreciar en la Fig. 11, la cantidad de inversores para ambas herramientas es igual entre 0 y 400 Wh/día; a partir de ahí se diferencian de 1 y 2 inversores.

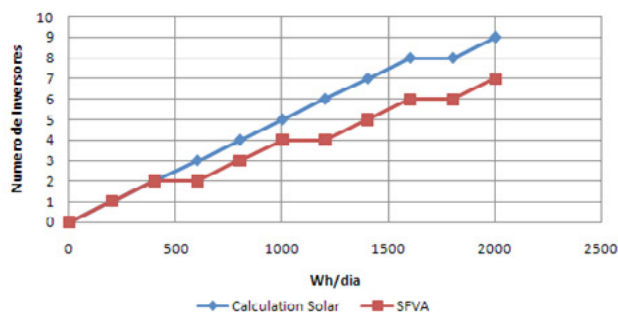


Fig. 11. Número de inversores Vs Consumo de energía

Con los resultados obtenidos se puede apreciar el mínimo error que se obtiene al dimensionar SFVA con la herramienta desarrollada en comparación con CalculationSolar, en donde se puede definir como principal ventaja los datos que posee el software sobre la zona de la ciudad de Armenia mencionados con anterioridad.

4. CONCLUSIONES

Al investigar las técnicas de dimensionamiento de SFVA existentes, se pueden encontrar diferencias en la cantidad de elementos de la solución generada, forma de interactuar con el usuario, bases de datos limitadas a los lugares de fabricación del software y mapas solares no actualizados. Donde la herramienta desarrollada mejora las deficiencias encontradas en los anteriores.

La herramienta desarrollada es tiene una característica importante y es la interacción con el diseñador, la cual es fácil comprensión y uso, lo cual permite que sea usada por personas que tengan mediano o amplio conocimiento sobre este tema.

Otro aspecto que vale la pena resaltar es la flexibilidad de la herramienta, ya que le permite al usuario ingresar sus propios datos climáticos y elementos a sus bases de datos para posteriormente usar esta información en su diseño, y no limitarse a los elementos y/o datos climáticos que ya vienen en dichas bases de datos.

Se encontraron variables determinantes para el desarrollo del software, como son: Temperatura, ubicación geográfica, radiación solar, eficiencia (η) panel e inversores, Voltaje en circuito abierto (V_{oc}) y corriente en corto circuito (I_{sc}).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad del Quindío y a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Quindío por el apoyo al proyecto 631. Al programa de Ingeniería Electrónica y de Tecnología en Instrumentación Electrónica por su apoyo en tiempo, al CEIFI por su asesoría.

REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas–Convención Marco de las Naciones Unidas, «Protocolo de Kioto,» de Cambio Climático, Kioto, 1998. Disponible en: <http://www.ceida.org/prestige/Documentacion/Protocolo%20Kioto.pdf>
- [2] Unión Española Fotovoltaica, “El Mundo”, Suplemento Energía, pp. 16-17, 2014.
- [3] Ec. Europea, European Commission, 06 09 2010, Disponible en: ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_20100906_newsrelease_pv_es.pdf.
- [4] H. Gonzalez, D. McGarry, “Tres cuartas partes de los sistemas fotovoltaicos instalados en todo el mundo en 2009 se ubicaron en la UE.” European Commission. 2010.
- [5] “PEN, 2010 – 2030, Informe Final, Análisis y revisión de los objetivos de política energética colombiana de largo plazo y actualización de sus estrategias de desarrollo”, Unión Temporal Universidad Nacional, Fundación Bariloche-Política Energética, Bogotá, 2010, Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN%202010%20VERSION%20FINAL.pdf>
- [6] IPSE, de IX Simposio Internacional de Energía, Bogotá, 2013.
- [7] MathWorks Inc., “Matlab® creating graphical User Interfaces”, 2015, Disponible en: <http://www.mathworks.com>.
- [8] D. Barragan, “Manual de interfaz gráfica de usuario en Matlab. Parte 1”, 2005, Disponible en: <http://www.matpic.com>
- [9] J. Aguilera, L. Hontoria, “Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos”, Grupo Idea, Departamento de electrónica, Escuela politécnica superior, Universidad de Jaén.
- [10] R. Orbegozo, “Energía solar Fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones domiciliarias”, Green Energy, Costa Rica, 2010.
- [11] A. McEvoy, L. Castaner, T. Markvart, “Solar cells: Materials, Manufacture and Operation”, Elsevier, 2012.

- [12] O. Perpiñan, "Energía Solar Fotovoltaica", Madrid, 2013, Disponible en: https://procomun.files.wordpress.com/2010/02/esf_operpinandic2013.pdf
- [13] H. Gasquet, "Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica: Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos", Solartronic S.A., México, 2004, Disponible en: <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/7097/7098/7099/7103/82474.pdf>
- [14] "Cómo dimensionar y calcular paneles solares fotovoltaicos necesarios", SunFields, 2105, Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/calcular-paneles-solares-necesarios/#>.
- [15] R. Lamaison, "Energía Solar Fotovoltaica", ESF. Módulo 6: sistemas fotovoltaicos. Departamento de ingeniería electrónica UPC.
- [16] "Calculation Solar", Aplicación On Line, Disponible en: <http://www.calculationsolar.com/es> 2013.
- [17] PVsist software., Pvsiste photovoltaic software. A powerful software for your photovoltaic systems. Disponible en: <http://www.pvsyst.com/en/-2013>.
- [18] J. Rojas, "Desarrollo de un sistema que permita medir temperatura y humedad relativa para la implementación de un mapa solar en la cancha de futbol en la Universidad del Quindío.", Tesis, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de TIE, Uniquindio, 2015.
- [19] "Atlas de radiación solar en Colombia", UPME, Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf. 2006.
- [20] R. Prado, "Diseño de un Sistema Fotovoltaico para una comunidad aislada", Trabajo de grado, Universidad de Costa Rica, 2008.
- [21] H. Haberlin, "PHOTOVOLTAICS: System Design and Practice". Wiley J. & Sons, 2012.



Oportunidad para adoptar estrategias de orientación al mercado y la orientación a la gerencia de la cadena de abastecimiento en el sector de retail: un caso de estudio

Opportunity to adopt marketing orientation strategies and orientation to the management of the supply chain in the retail sector: a case of study

Ricardo Prada Ospina, PhD

Universidad EAN

Grupo de investigación: Entrepreneurship group

Bogotá-Colombia,

Rpradao@universidadean.edu.co

Pablo Cesar Ocampo Vélez, MSc

Universidad EAN

Grupo de investigación Ontare

Bogotá -Colombia,

Pabloc.ocampo@universidadean.edu.co

(Recibido el 02-06-2016. Aprobado el 30-11-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

R. Prada, P. Ocampo, "Oportunidad para adoptar estrategias de orientación al mercado y la orientación a la gerencia de la cadena de abastecimiento en el sector de retail: un caso de estudio", Lámpsakos, no. 16, pp 75-87, 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2028>

Resumen. El negocio del retail es una de las actividades empresariales más pujantes y de mayor importancia dentro del comercio en Colombia y el mundo, tanto así que las principales empresas existentes pertenecen a esta industria. En Colombia, el retail, es muy importante respecto de su aporte a diversos indicadores claves para la sociedad y su economía. Dentro de este contexto es importante señalar los puntos de encuentro entre estas teorías a través del análisis de un caso de estudio en una tienda que represente este modelo de negocio. Este artículo pretende realizar esa aproximación a través de una revisión teórica de ambos campos de conocimiento.

La investigación se realizó mediante el método empírico, utilizando instrumentos de medición mediante entrevistas semiestructuradas aplicada a clientes del retail analizado, donde se analizó los criterios como la fidelidad, el servicio al cliente y la distribución física, componentes importantes en el valor agregado del proceso de entrega en el retail.

Al final del estudio del caso se encontró que el retail, no solo presenta una fuerte relación con las estrategias de las hoy denominadas tiendas novedosas de barrio, sino que sus contribuciones son destacables en el mejoramiento de la canasta familiar de los clientes impacto el nivel de servicio.

Además se observó que el sector debe fortalecer tanto la estrategia de la orientación a la cadena de abastecimiento como la orientación al mercado, considerando que son máximas que deben aplicarse y mantenerse en el sector, para una mejora del desempeño organizacional, criterio fundamental para la mejora de la competitividad para Colombia.

La orientación al mercado, posee una influencia positiva en la orientación a la cadena de abastecimiento y a su vez a la gestión de la cadena de abastecimiento, impactando en el desempeño organizacional.

Palabras clave: Retail, comercio, industria, cliente, empresas, orientación al mercado, orientación a la cadena de abastecimiento.

Abstract. The retail business is one of the busiest and most important business activities within the trade in Colombia and the world, so much so that the major companies are in an industry. In Colombia, retail trade is very important in relation to its contribution to various key indicators for society and its economy. Within this context it is important to point out the points of encounter between these theories through the analysis of a case study in a store that represents this business model. This article intends to make this approach through a theoretical revision of both fields of knowledge.

The research was performed using the empirical method, using methods of measurement and semi-structured interviews applied to customers in the retail sector, where criteria such as fidelity, customer service and physical distribution were analyzed, important components in the added value of the process of delivery in the retail trade.

At the end of the case study it was found that the retail, no single relationship relationship of a single presentation with the strategies of the hot sales girls of the children Service

It was also observed that the sector must consolidate both the supply chain orientation strategy and the market orientation, considering that the maxima that are applied and maintained in the sector, for the improvement of organizational performance, a fundamental criterion for the Improvement of competitiveness for Colombia.

Market orientation has a positive influence on supply chain orientation and once on supply chain management, impacting on organizational performance.

Keywords: Retail, trade, industry, customer, companies, market orientation, supply chain orientation performance.

1. INTRODUCCIÓN

El sector del retail en el mundo es una de las actividades económicas más dinámicas y que mueve la economía a nivel mundial [1]. En el caso colombiano, según [2] este sector ha tenido un crecimiento del 3%, en los últimos años. Este sector, de acuerdo con las cifras, tiene una importante participación en el comercio en general con un crecimiento en ventas, para 2013 de \$186, 3 billones de pesos, siendo el comercio al por mayor el rubro con mayor participación (52,5 %), contra una participación del 33,9% en el comercio al por menor. La participación en establecimientos especializados de alimentos que ocupa el segundo lugar en las ventas del comercio al por menor fue del 4.2% [3].

De acuerdo con Silva [4], el mercado colombiano es de gran interés para el inversionista extranjero en el área de los retails, ya que este sector presenta un crecimiento constante. De igual forma, por las importantes tendencias de consumo y su dinamismo, motivo por el cual, compañías extranjeras como Walmart han mostrado su interés de operar en Colombia. Según el reporte del Banco Mundial, expresado en el Doing Business[5], Colombia se ubicó en el puesto 53 de la valoración de países con mejor clima para los negocios, superando a México, Perú, Panamá, Chile, Argentina, entre otros.

Dentro del análisis de cómo las grandes cadenas de supermercados se han logrado establecer en Colombia, están los aspectos como: la imagen, exhibición, *merchandising*, percepciones del consumidor, valor de marca, entre otras. Es en estos puntos donde las empresas colombianas han tenido que prepararse para poder competir con estas cadenas de supermercados y de esta forma fortalecerse y tener una mayor participación en el mercado, un mayor posicionamiento de marca y de las ventas además de ser un criterio clave para la estrategia de orientación al mercado[6].

Siguiendo con Gómez-Escobar, existen algunas diferencias que no equilibran las relaciones comerciales entre proveedores y las cadenas de retail, al tener estas últimas un mayor poder de negociación, lo que hace que los productores se tengan que acomodar a situaciones críticas como son el manejo del inventario, logística, márgenes de la rentabilidad, pago por espacios, participación económica en las campañas publicitarias entre otras competencias.

Durante los últimos años ha llegado a Colombia un nuevo formato de cadenas de retail que imita las tiendas de barrio, empezando su labor en pequeñas ciudades para lograr abarcar este mercado potencial y lograr desplazar a los pequeños negocios de barrio, mediante la oferta de mejores precios y adaptación a productos como abarrotes y demás alimentos [3].

Tiendas De Todo es una de estas cadenas de tiendas de descuento, con productos básicos ofrecidos al mejor precio del mercado. La idea surgió en Alemania y se ha difundido a países como Portugal, Brasil, Australia, USA y Colombia no podía ser la excepción.

Los inversionistas de Tiendas De Todo iniciaron en Medellín, por ser la plaza más competitiva en precios en el sector de abarrotes y de alimentos. Allí investigaron durante seis meses el mercado, conociendo de los consumidores sus principales necesidades, realizando estudios y proyecciones y lo más importante, indagando por qué el 53% del consumo de los hogares nacionales se sigue haciendo en tiendas de barrio [2] y no en las grandes superficies. Posteriormente, abrieron sus tiendas y comenzaron a entender cómo tratar a los clientes del mercado colombiano y suplir sus necesidades, logrando que la experiencia de compra sea repetitiva y no una única compra.

Este innovador modelo está diseñado para minimizarle el costo al cliente representado en reducciones en logística, personal, transporte, publicidad y decoración. La idea se basa en trasladar los ahorros en las áreas mencionadas y llevarlos a los precios finales de los productos, utilizando un formato de locales de entre 200 y 400 mts² [6][2], logrando de esta forma que la experiencia de compra sea cada vez más práctica para el cliente.

En este sector de retail es de gran importancia realizar una medición de la satisfacción del cliente uno de los puntos evaluados en este artículo. Para esto, se tienen en cuenta algunos modelos que permiten verificar a que aspectos se debe prestar más atención; es el caso del modelo del Retail Store Quality Scale, desarrollado por Dabholkar en 1996, el cual se fija en los aspectos: físico, fidelidad, interacción con el personal, resolución de problemas y políticas de empresas, lo anterior muy alineado a los valores agregados del proceso de entrega, como también la co-creación de valor en los procesos de las organizaciones están directamente alineados a los criterios de la satisfacción del cliente [7].

Por otro lado, a pesar que el sector de retail, se ve enfrentado al montaje de muchos puntos de venta, a través de las ciudades en Colombia, requiriendo de un manejo apropiado de la red logística, situación que apunta a que se adopte estrategias orientadas a las necesidades del mercado y a su vez al enfoque de la gestión de la cadena de abastecimiento [8].

2. MARCO TEÓRICO

Dentro de estos aspectos existen tres que son claves a la hora de realizar un análisis a una empresa del sector del retail y son: La disposición, relacionada con el tipo de instalación y su comodidad, decoración, distribución de los productos. Según, Esta disposición es muy importante, ya que si se cuenta con una distribución precisa se logra tener una ventaja competitiva y gran influencia en la compra del cliente en determinados productos [9].

La debida administración de la planta física permite la orientación y fácil localización de los productos por parte de los clientes [10], y con esto se logra reducir el tiempo que toman los clientes en la ubicación de los bienes. De esta forma se logra reducir la frustración de los usuarios por no cumplir con sus expectativas de compra, ya que una mala elección en la disposición en una tienda puede ocasionar que los clientes no encuentren la mercancía en tienda y a su vez puede conseguirse que el cliente se lleve una mala percepción del lugar haciendo que no vuelva a visitar la tienda y vaya a la competencia.

Uno de los propósitos de este artículo, es determinar el rol del mercadeo para la estrategia basada en la orientación a la cadena de abastecimiento, que es un antecedente fundamental para la aplicación de la filosofía de supply chain management. Como se menciona en el párrafo anterior la logística es una máxima fundamental para la disposición final de los artículos en los puntos de venta de las tiendas [11].

La estrategia de supply chain orientation, consta de varios niveles tales como el estructural, el estratégico y la unión de los dos anteriores, con el fin de alinear los procesos, las áreas y los flujos tanto arriba de la red de valor (upstream process) enfocado a los proveedores como los procesos downstream (clientes) en búsqueda de una coherencia establecida para cumplir los requerimientos de los grupos de interés (stakeholders) que ligado a las necesidades de los mercados cada vez más exigentes como

las tiendas de barrio de Bogotá, además mediante a esta nueva estrategia se pretende la previsualización e integración de todos los procesos a la red de valor de la compañía y preparar a la gerencia a que se trabaje bajo la filosofía de orientación a la cadena de abastecimiento como una fase anterior a la adopción del SCM [11].

Lo anterior es coherente a la aplicación de los procesos y macroprocesos de la gerencia de la cadena de abastecimiento, donde se mencionó en párrafos anteriores que la red logística posee una logística de entrada (inbound) como también de salida (outbound), creada para la materialización de las necesidades de los clientes finales [12].

La fidelidad del cliente está manifestada de diferentes maneras, incluyendo la convicción de volver a un lugar donde ha tenido experiencias de compra y el comportamiento de un consumidor dentro de las instalaciones [13]. La fidelidad del cliente es definida como la interacción entre los clientes y una marca afianzada en un determinado sector [14], siendo un indicador de gran importancia, ya que por medio de este proceso se generan otros beneficios para las empresas, como el voz a voz, generando más compradores.

Por otro lado, otro criterio clave en este tipo de sector, es que las empresas de retail tengan que gestionar sus propios recursos y capacidades de las empresas proveedoras de productos como servicios, para responder a las necesidades de los clientes. Es por esto que las empresas de retail deban trabajar con un mayor enfoque a las cadenas logísticas basándose en la orientación al mercado, que es la tendencia del mundo empresarial actual y Colombia no puede ser la excepción. Además, la gestión de las relaciones con los proveedores como la gestión de las relaciones con los clientes, deben estar atentos y alineados a las nuevas tendencias del cliente final, que es el concepto de la orientación al mercado, permitiendo innovar en su supply chain y entregar mayor valor agregado al consumidor final [15].

Marketing es el proceso de gestión responsable de identificar, anticipar y satisfacer las necesidades de los clientes de manera rentable y sostenible [16].

En la actualidad la interacción entre clientes y los prestadores de servicio es un factor importante que puede determinar la satisfacción del cliente. Dentro de los estudios encontrados para realizar este análisis

sis se encuentra la escala de necesidad de interacción social con el prestador del servicio, en la que se puede observar a través de cuatro preguntas, tomadas de la escala original de Dabholkar [9], que para los consumidores la interacción con el cliente tiene gran importancia y es determinante para la toma de decisión de una nueva opción de compra [17]. A pesar de que se ha venido extendiendo el uso de los servicios tecnológicos, se observa que es necesario perseverar la atención personalizada en este tipo de servicios.

Adicional a lo anterior, un nuevo concepto hacia el marketing, que consiste en definir con claridad el mercado, determinando las características específicas de los productos o servicios, los atributos del proceso de entrega que es un criterio fundamental para los procesos de gerencia de la cadena de abastecimiento [16].

3. RESULTADOS

Uno de los criterios fundamentales para el proceso de entrega y que atañe a este caso de estudio, son los procesos de entrada, proceso y salida, dentro de la gestión de la cadena de abastecimiento, donde se analiza la disposición de los inventarios, fidelidad y servicio al cliente [16].

La investigación en cuanto a la parte estadística se llevó a cabo durante el segundo semestre de 2015 en Bogotá, tomando como referencia la localidad de Chapinero en donde se encuentra una de las sedes de las Tiendas De Todo. Para recolectar la información se utilizaron métodos empíricos como la realización de encuestas semiestructuradas personales a los clientes de las Tiendas De Todo. La encuesta constó de 25 preguntas cerradas que buscaron evaluar la percepción de los clientes en 3 indicadores: Disposición, Fidelidad y Servicio al Cliente.

Con base en la población se tomó la muestra de estudio. Para el cálculo de la muestra fue utilizada la fórmula 1:

$$n = \frac{N * z^2 * P(1 - P)}{(N - 1)e^2 + z^2 * P(1 - P)} \quad (1)$$

El resultado de la muestra en la localidad de Chapinero fue de 390 sujetos de estudio. Tabla 1

Tabla 1. Universo y Muestra de Localidad Chapinero

LOCALIDAD	Universo	Nº de Encuestas
Chapinero	32.992	390

Fuente: Elaboración de los autores

La estructura de la encuesta constó de preguntas sobre la satisfacción del cliente de acuerdo a los indicadores evaluados. Se empleó escala de Likert con valores de 1 a 5 en las posibles respuestas de cada una de las preguntas, en donde 1 es insuficiente y 5 es excelente, este peso se multiplico por la frecuencia de respuesta dada en la encuesta, obteniendo una calificación para cada respuesta de la encuesta.

Situándose en frente de la Tienda De Todo en diferentes horarios y días de la semana, los investigadores tomaron parte del estudio logrando un cubrimiento diferenciador en el tipo de cliente que visita la tienda. Los datos de respuesta se pasaron a formato Excel y se tabularon por categorías (enunciadas en la Tabla 2). Con la intención de dar una calificación a cada indicador (Disposición, Fidelización y Servicio al Cliente) se elaboró una tabla en donde se enuncian los rangos de calificación, desde insuficiente hasta excelente.

Tabla 2. Número de Preguntas por Indicador

Indicador	# de Preguntas
Fidelidad	12
Disposición	7
Servicio al Cliente	6

Fuente: Elaboración de los autores

Una vez sumada la calificación de la frecuencia con el peso de la respuesta, se obtuvo la calificación general de indicador y en la ubicación en la Tabla 3, se generó la percepción del cliente con respecto del cliente con respecto a cada aspecto.

Tabla 3. Tabla de calificaciones por indicador

Equivalencia	FIDELIDAD	LAYOUT	SERV AL CLIENTE
Insuficiente	4.860	2.340	2.340
Aceptable	9.360	4.680	4.680
Estandar	14.040	7.020	7.020
Sobresalinete	18.720	9.360	9.360
Excelente	23.400	11.700	11.700

Fuente: Elaboración de los autores

Un parámetro para tener en cuenta dentro del estudio son las características de la población encuestada: Tabla 4

Tabla 4. Tabla Características de la Población

Género	Femenino y Masculino
Edad	entre 25 y 50 años
Estado Socioeconómico	Medio
Grado de Escolaridad	Técnico/ Universitario

Fuente: Elaboración de los autores

A continuación, se muestra una descripción de los hallazgos encontrados en el estudio por indicador evaluado y la percepción global; en donde se describe la calificación obtenida y el rango evaluador, además se realiza una observación de las percepciones mejor y peor calificadas por parte de los usuarios del punto de venta seleccionado de Tienda De Todo. En un principio las calificaciones obtenidas en cada indicador evaluado fueron las siguientes: Fig 1

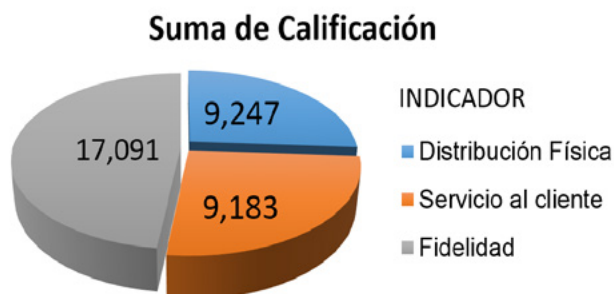


Fig. 1. Calificación por indicador
Fuente: Elaboración de los autores

La mayor suma de calificación se encuentra en el indicador “Fielidad”, ya que el porcentaje más alto de preguntas de la encuesta se referían a este aspecto (remítase a Tabla 2) no queriendo indicar que fue el ítem mejor calificado por los encuestados.

- Fidelización

En el estudio de las variables con respecto a Fidelización, (48% de la encuesta) se evidenció que los clientes que frecuentan la tienda tienen percepciones positivas en un 23,53% con respecto a las variables enunciadas en la encuesta. Los siguientes aspectos fueron los más repetidos por los encuestados:

De los aspectos mencionados en la Tabla 5, en su mayoría son percepciones positivas tales como: referencias recibidas por parte de terceros (voz a voz), el tipo de artículos que encuentran en las tiendas, modalidad de ahorro por ausencia de bolsas para empaque y la intención de volver a comprar en Tiendas De Todo. Fig 2

Tabla 5. Mejores Calificaciones – Indicador Fidelidad

Etiquetas de fila	Suma de Calificación
Me dijeron que son tiendas económicas	932
Todos los artículos me interesan	830
Si estoy totalmente de acuerdo con Ahorrar	790
Encuentro productos básicos	772
Me gustaría volver siempre a D1	770
Total General	4094

Fuente: Elaboración de los autores

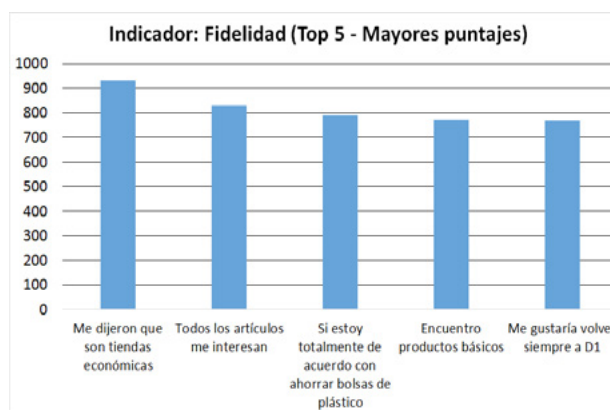


Fig. 2. Mejores Calificaciones – Indicador Fidelidad
Fuente: Elaboración de los autores

Solo uno de los aspectos que seleccionaron los usuarios podría ser mejorado y es que refiere a que encuentran solo productos básicos, no obstante, el modelo de negocio de Tiendas De Todo no busca ofrecer cantidades abundantes de referencias por productos.

Entre los puntos de respuesta menos frecuentes en las respuestas se encuentra la frase “es poco probable que usted recomendaría Tiendas De Todo”, lo cual para términos de la satisfacción del cliente es positivo, ya que son pocos los usuarios que no incurrirían en no recomendar a sus conocidos realizar compras en Tiendas De Todo.

El segundo ítem de la Fig 3, se refiere a la percepción de los clientes de una tienda atractiva y llamativa, criterio fundamental en la medición de las estrategias tanto orientación al mercadeo como la orientación a la cadena de abastecimiento y que posee una calificación baja. Esto indica que es un punto débil/mejora en el cual se debe trabajar. Los 3 ítems siguientes con baja calificación (No me gustaría volver a Tiendas De Todo, No lo recomendaría, No encuentro todo lo que necesito) son síntoma que pocos clientes se encuentran insatisfechos, representando por el 5% de los encuestados.

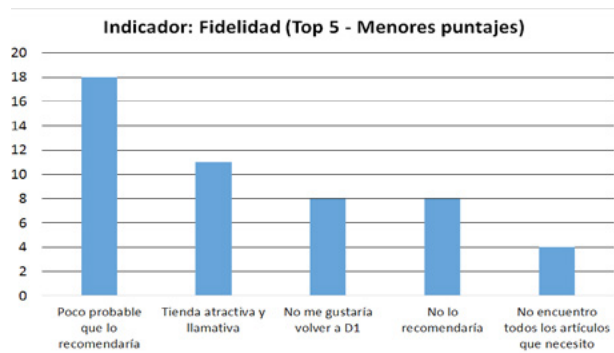


Fig. 3. Bajas Calificaciones – Indicador Fidelidad
 Fuente: Elaboración de los autores

En cuanto al indicador de satisfacción: Fidelidad, se puede concluir que la mayoría de los clientes califican a Tiendas De Todo como excelente, con un valor de 20,53% como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Porcentajes de Apreciaciones – Indicador Fidelidad

FIDELIDAD			
1	Insuficiente	11	21.57%
2	Aceptable	8	11.69%
3	Estandar	9	17.65%
4	Sobresalinete	11	21.57%
5	Excelente	12	23.53%
Total de respuestas		51	100%

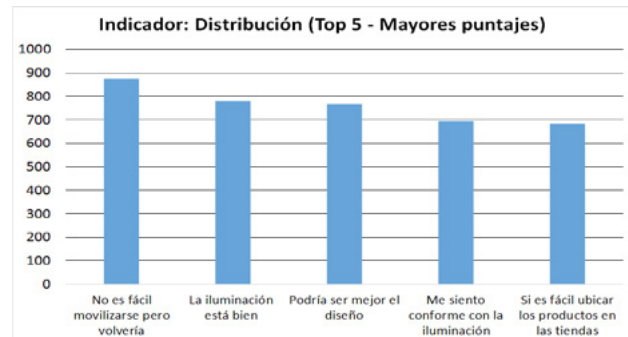
Fuente: Elaboración de los autores

- Disposición

La disposición se refiere a las variables iluminación, ubicación de las tiendas en la ciudad, espacio dentro de la tienda, ubicación de los productos y la percepción de la tienda por parte de los clientes. Se evidenció que una buena parte de los clientes reconocen que la movilidad dentro de la tienda no es cómoda

pero aun así volverían a visitar la Tienda De Todo, esto es claramente una percepción de debilidad de la tienda, pero aun así no se espera que afecte los niveles de ventas. Otro punto de atención que está relacionado con lo enunciado anteriormente es el diseño de la tienda el cual tuvo alta calificación en que “puede ser mejorado”. Fig 4

Fig. 4. Mejores Calificaciones – Indicador Disposición

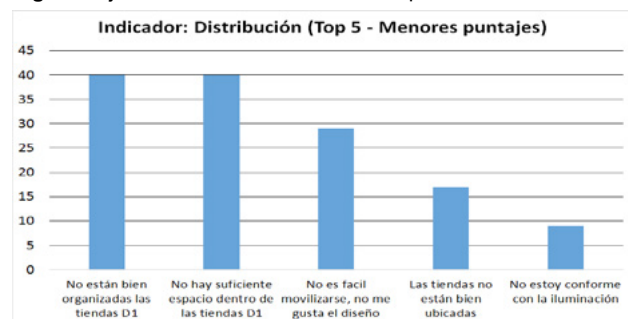


Fuente: Elaboración de los autores

Dentro de los puntos calificados bajo o con baja frecuencia en la encuesta se aprecia que los productos no están bien ubicados dentro de la tienda. Esto se puede tomar como un punto de alerta más no debilidad.

De la fig 5 se observa como la distribución de la tienda es percibida por los clientes para algunos como “algo negativo y que influye en su decisión de compra” pero para otros, tiene más relevancia otros aspectos s como los precios y la calidad de los productos.

Fig. 5. Bajas Calificaciones – Indicador Disposición



Fuente: Elaboración de los autores

Analizando los porcentajes de apreciación de los clientes (Tabla 7) se observa la equivalencia entre las valoraciones Excelente e Insuficiente (25%). Esto indica que el 50% de la muestra presta su atención a la disposición de la Tienda De Todo, causando en unos clientes reacciones positivas y en otros lo contrario.

Tabla 7. Porcentajes de Apreciaciones – Indicador Disposición

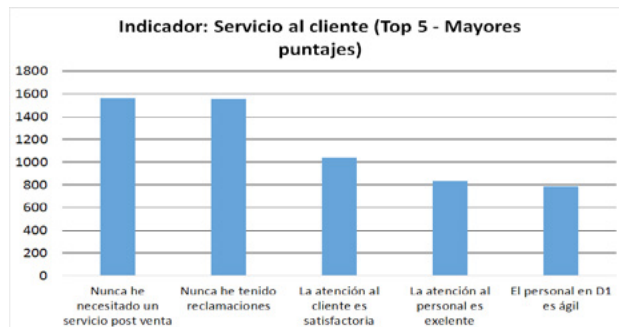
LAYOUT			
1	Insuficiente	7	25.00%
2	Aceptable	4	14.29%
3	Estandar	3	10.71%
4	Sobresalinete	7	25.00%
5	Excelente	7	25.00%
Total de respuestas		28	100%

Fuente: Elaboración de los autores

- Servicio al Cliente

El servicio al cliente es quizás uno de los factores determinantes de decisión de compra de los consumidores. Se tiene en cuenta desde el primer momento que el cliente llega a la tienda. En la encuesta se incluyó el nivel de servicios post-venta, vinculados al estudio como garantías, cambios, insatisfacciones con el producto, entre otras. Este punto se vio muy bien calificado, ya que el 80% de los consumidores nunca han requerido de estos servicios. Fig 6

Fig. 6. Mejores Calificaciones – Indicador Servicio al Cliente



Fuente: Elaboración de los autores

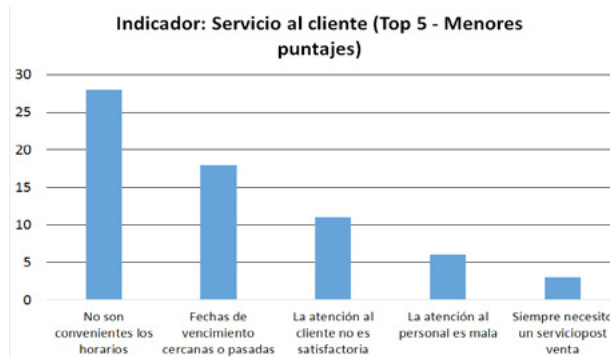
Con respecto al 20% restante, un 9.49% presentó reclamaciones, (imperfecciones o roturas en el empaque), un 6.15% (calidad del producto) y un 4.62% (fechas de vencimiento de los productos). En estos

casos la percepción del cliente a realizar su reclamación fue de disposición y buena actitud por parte de los funcionarios de Tiendas De Todo.

Por otro lado, califican la atención del personal de Tiendas De Todo hacia los clientes, como satisfactoria y además resaltan la agilidad en las operaciones.

Entre los puntos calificados bajos se encuentra que los horarios no son convenientes. Para el estudio esto es tomado como positivo, ya que son pocos los clientes que presentan inconformidad con este aspecto. El 2.82% y 1.54% de los encuestados afirman haber tenido malas experiencias de atención por parte del personal de Tiendas De Todo. Fig 7

Fig. 7. Bajas Calificaciones – Indicador Servicio al Cliente



Fuente: Elaboración de los autores

Realizando una evaluación de las consideraciones por parte de los clientes se nota que el 50% califican como insuficiente y aceptable el servicio al cliente mientras el otro 50% lo califica como Estándar, Sobresalinete y Excelente. Tabla 8

Tabla 8. Porcentajes de Apreciaciones – Servicio al Cliente

LAYOUT			
1	Insuficiente	6	25.00%
2	Aceptable	6	25.00%
3	Estandar	4	16.67%
4	Sobresalinete	3	12.50%
5	Excelente	5	20.83%
Total de respuestas		24	100%

Fuente: Elaboración de los autores

Finalizando el análisis de cada una de las variables se nota que las consideraciones de los encuestados apuntan a una calificación Sobresaliente para cada uno de los indicadores: Fidelidad, Disposición y Servicio al Cliente. Tabla 9

Tabla 9. Calificación, Peso promedio y desviación por Indicador

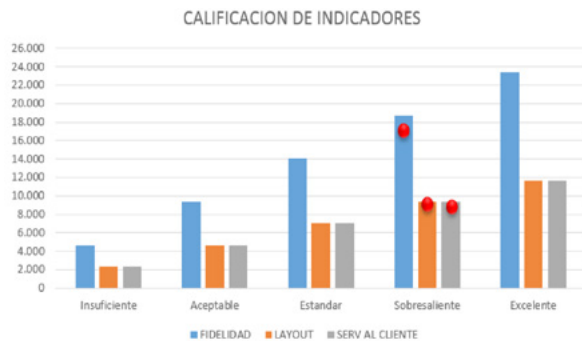
Etiquetas de fila	Suma de calificación	Promedio de peso	Desvest de peso	Calificación
Fidelidad	17.091	3	1	Sobresaliente
Servicio al cliente	9.183	3	2	Sobresaliente
Layout	9.247	3	2	Sobresaliente

Fuente: Elaboración de los autores

En conclusión, los 3 indicadores presentan estados de excelencia y de insuficiencia dando como calificación total Sobresaliente en Satisfacción al Cliente en Tiendas De Todo.

En la Fig 8 se observa que, aunque los puntajes se encuentran en el rango Sobresaliente en el límite superior, aún pueden mejorar en estos 3 aspectos estudiados, para llegar a un nivel de excelencia.

Fig. 8. Calificación de Indicadores



Fuente: Elaboración de los autores

4. PROPUESTA

Teniendo en cuenta los resultados antes descritos se puede determinar que la percepción de los clientes de las Tiendas De Todo frente a los tres indicadores de análisis: Disposición, fidelización y servicio al cliente es sobresaliente. Para lograr ser excelente se ofrece una serie de propuestas basada en conceptos establecidos por el CRM (Customer Relationship Management) para el indicador de fidelización, así como conceptos de mercadeo para la disposi-

ción de la tienda, ECR (Efficient Customer Response) para el servicio al cliente y tendencias futuristas del sector retail en el mundo.

- Fidelización

La fidelización de los clientes es uno de los aspectos más importantes ya que con esto se asegura que los clientes vuelvan adquirir de forma frecuente el producto que se ofrece, y además de esto, que lo recomienden a nuevos consumidores; también cabe resaltar que mantener una comunicación constante con los clientes por medio de encuestas donde se evalúe el servicio, contar un buzón de quejas y sugerencias o felicitaciones, fideliza al cliente.

Para el caso en particular de Tiendas De Todo teniendo en cuenta que el 20% de las personas encuestadas ha tenido que solicitar servicio postventa por fechas de vencimiento cercanas y productos en mal estado, es pertinente implementar estrategias de seguimiento y control para reducir los productos en mal estado que se ofrecen ya que al seguir presentándose situación es de este tipo, se perderá la credibilidad por la tienda y posiblemente la pérdida de clientes.

El CRM (Customer Relationship Management) establece que no todos los clientes son iguales, gracias al acceso a la información que tienen las personas y las tendencias cambiantes del mundo, por tanto, es imposible pensar que se puede fidelizar a un cliente cuando no se le tiene en cuenta la diversidad de sus necesidades. Es tarea de Tiendas De Todo lograr ampliar su portafolio de productos, sin que afecte su rentabilidad y los bajos precios ofrecidos, buscando que los clientes se sientan con más opciones de compra de marcas, ya que actualmente se está manejando una sola marca para diferentes productos, lo cual deja sin opciones a muchos clientes.

Como tendencia mundial vemos que la tecnología se está apoderando de las tendencias consumistas de los clientes, y esto se evidencia claramente en el sector del retail donde tras un estudio realizado por ComScore, compañía de investigación sobre mercadeo por internet, se estableció que en Latinoamérica 8 de cada 10 usuarios de internet hacen sus compras por canales electrónicos, por tanto se sugiere que Tiendas De Todo, utilice esta tendencia del e-commerce⁴, para ganar clientes que les gusta realizar compras por internet.

Otra estrategia que complementa el e-commerce es el omni-channel⁵, estrategia que le permite al consumidor hacer compras a través de cualquier canal pero con experiencias diferentes, donde se pueda conocer de manera personalizada a los clientes como su nombre, fecha de nacimiento tendencias de compra, ya que no deben estar enfocados solo en el producto sino en la experiencia que les deja visitar este sitio, es decir se requiere de espectáculos musicales, campañas por multimedia, tabletas y pantallas interactivas y la co-creación del mercadeo y del producto para así lograr la fidelización de los clientes y el crecimiento de las ventas.

En el Reporte Anual de Deloitte No. 18 sobre los almacenes de retail más poderosos del mundo se observa que la tendencia de los retails en el 2015 está enfocadas a incrementar sus participaciones en las ventas en los aeropuertos, ya que es un lugar donde se incrementa el tránsito de las personas diariamente y el lograrse ubicar en estos sitios, es una forma de estar presentes en lugar donde el cliente los requiera.

Otra tendencia es realizar ventas por intermedio de los equipos de comunicación móviles, al estar presentes en aplicaciones donde puedan llegar al cliente a través de aplicativos fáciles de acceder y dar respuesta oportuna a las necesidades del cliente; también la tendencia está dirigida a que los retails deben ser más ágiles al tener productos solo por tiempo limitado, y estar renovando los productos en la tienda tan rápido como se pueda esto lleva a que los clientes incrementen su participación en las compras.

Teniendo en cuenta las tendencias de los retail en la actualidad y lo que nos dicen al respecto los centros de estudio especializados en los retails; para el caso de Tiendas De Todo se puede sugerir que, para ir a la vanguardia con estas nuevas tendencias, se pueden crear campañas promocionales para algunos productos, para poder crear fidelización con el cliente, de tal forma que, se pueda llamar la atención del cliente al poder llevarse un producto adicional después de haber pasado cierto monto en su compra. También se pueden crear campañas de sentido social como la que se tiene de las bolsas, pero donde se reafirme que al ser participe de estas campañas se está contribuyendo con la situación del medio ambiente o también con

la participación en alguna campaña como la de recolección de tapas plásticas donde se está ayudando a niños con dificultades.

- Disposición

En mercadeo uno de los elementos más relevantes a considerar a la hora de atraer clientes es el diseño de las tiendas, por tanto, es de gran importancia diseñar espacios donde se facilite la circulación, con una presentación que sea agradable a la vista, bien organizadas, con buena iluminación y colores sobrios. La importancia de la disposición no es solo la comodidad de los clientes, si no también que al tener una distribución optima se lo gran aumentar las ventas y la fidelidad del cliente.

Tiendas De Todo debido a su modelo de negocio, presenta un diseño poco llamativo, según la percepción de los clientes encuestados, ya que el 62,6% manifiesta que no hay suficientes espacios para moverse, el 34,6% refiere que hay pocos estacionamientos, el 26,9% manifiesta que hay pocos productos bien ubicados en la tienda, y el 18,2% dice que el diseño de la tienda no es atractivo; estos resultados evidencian que hay una necesidad de mejorar en el diseño de sus tiendas, ya que un almacén que esté mal utilizado significa un recurso que está mal empleado y para evitar esto se propone que se tengan en cuenta los siguientes condiciones y buenas prácticas que permiten tener una disposición adecuada:

- Mantener bien organizada los espacios de la tienda ya que esto genera en los clientes un sentido de bienestar en el momento de entrar.
- Generar al cliente un espacio cómodo el cual le permita tomarse el tiempo necesario para encontrar lo que busca.
- Establecer diferentes categorías de pasillos, de circulación y secundarios utilizados para el servicio. Se debe evitar que los pasillos se encuentren obstruidos.
- Reforzar todos los espacios con buena iluminación para que el cliente logre identificar las secciones y la ubicación de los productos.
- Reorganizar la tienda teniendo en cuenta que los productos más consumidos deben ser organizados en la parte final de los pasillos y en la parte de adelante productos que no son de consumo masivo, ya que esto permite que durante

el recorrido hacia los productos más consumidos por los clientes capten su atención en los otros productos, lo que hace que los clientes compren más de lo que pensaban comprar.

Es importante darle al cliente una imagen más atractiva del supermercado, mejorando la distribución de los productos, donde pueda tener una mejor movilidad y que se lleve una grata impresión al ingresar por primera vez al supermercado, de tal forma que quiera regresar y hacerle sentir al cliente que ir a Tiendas De Todo sea una experiencia novedosa y agradable al realizar las compras de sus productos en los almacenes, ya que podrá interactuar con el personal encargado del almacén sin dificultades, podrá ubicar ágilmente los productos y a verificar sus precios, por ejemplo a través de lectores de precios va a poder darse cuenta que está en promoción en ese momento a través de estas ayudas tecnológicas.

- Servicio al cliente

El ECR (Efficient Customer Response) plantea que para tener clientes más satisfechos y felices es necesario proveer los productos requeridos en el momento y lugar solicitados con altos índices de calidad al menor costo posible, pero para lograr esto hay ciertas actividades que se deben desarrollar para lograr cumplir con el objetivo principal del ECR, y esto se logra cuando:

En cada uno de los procesos se le genera valor al cliente, por ejemplo cuando la interacción que tiene los clientes con los trabajadores de la tienda es cordial.

Realizar encuestas para revisar que es lo que está necesitando el cliente en cierto momento o que le gustaría que pudiera incluirse en las tiendas; para así darle mayor participación al cliente con relación a lo que desearía encontrar, y poder llegar a ser co-creadores en la participación de nuevos productos o servicios que llamarían la atención del cliente.

5. CONCLUSIONES

Esta investigación permitió reconocer la importancia que tiene el sector del retail en Colombia frente a la inversión extranjera, ya que es un sector con un crecimiento constante, por las tendencias consumistas de los usuarios, y además porque es un

sector generador de empleo. Por otro lado, se requiere que el sector de retail se enfoque más en las estrategias de orientación al mercado y a la cadena de abastecimiento para la búsqueda de una alineación de todos sus recursos logísticos a los requerimientos de los grupos de interés.

Es pertinente que tanto la estrategia de Efficient Customer Response, ECR, se enfoque a las orientaciones tanto del mercado como de la gerencia de la cadena de abastecimiento, componentes fundamentales para mejorar el desempeño organizacional y a su vez el mejoramiento de la competitividad del sector.

Las Tiendas De Todo llegaron con un novedoso modelo de negocio que busca llamar la atención del cliente con sus productos de alta calidad, pero sobre todo precios bajos que son generados por la no inversión en publicidad, logística, decoración de sus tiendas, exhibición en góndolas, en sistemas de información sofisticados y empaquetados.

En la actualidad las Tiendas De Todo han logrado una gran participación en el mercado bogotano, ya que sus sucursales se encuentran en varias localidades de la ciudad. Utilizan una estrategia en la que buscan competir con las tiendas de barrio, al ser equivalentes en los precios y productos que estos ofrecen. El método de publicidad voz a voz entre los clientes ha sido un punto de éxito para las Tiendas De Todo, junto con la tendencia de compra en tiendas de barrio de los hogares colombianos.

Tiendas De Todo utilizan estrategias como no brindar bolsas a sus clientes y no utilizar demasiado mobiliario en sus almacenes y lo trasladan en la disminución del valor en los productos. Pueden fortalecer aspectos en la distribución de los almacenes, para hacerlos más llamativos y de fácil movilidad para los clientes; con estrategias como reorganización de los estantes y no dejar stock de productos dentro de las tiendas sino en las bodegas. Incluir dentro del diseño de sus almacenes lugares de parqueo que brinden mayor confort al cliente en el momento que vayan a realizar sus compras. Participar en las nuevas tendencias que existen sobre el retail a nivel mundial, en la cual por medio de aplicaciones a nivel de celular o de páginas por internet puede llegar a mayor cantidad de clientes ofreciendo sus productos en un menor tiempo, con un buen precio y una excelente calidad. Brindar mayores op-

ciones de pago a los clientes, ya que este puede ser un factor que impida que los clientes potenciales puedan fidelizándose con las Tiendas De Todo.

De acuerdo a la percepción de los clientes, las Tiendas De Todo ofrecen productos básicos y necesarios en la canasta familiar y aunque pueden fortalecer aspectos en la distribución de los almacenes, los clientes están dispuestos a seguir comprando en las tiendas y referenciándola por calidad y buenos precios. Uno de los aspectos en los que puede mejorar para hacerlos más llamativos y de fácil movilidad para los clientes son las distribuciones y reorganización de los productos de acuerdo a prioridades de los clientes de esta forma, los clientes al realizar la búsqueda de sus productos visualizan otros, los que puede ir incluyendo en su compra.

Los consumidores que conocen el modelo de negocio, se familiarizan con nuevas tendencias de ahorro y amigables con el ambiente como lo son la reducción de bolsas plásticas, el no uso de tarjetas débito y crédito, aunque son tendencias que no han podido ser bien recibidas o establecidas por el tipo de cultura de los colombianos. Sin embargo, según el modelo de negocio son estrategias que proporcionan ahorro a los hogares.

REFERENCIAS

- [1] School of management Ryerson, "School of Management Ryerson University Ted Rogers". Disponible en: <http://www.ryerson.ca/tedrogersschool/rm/>
- [2] D.C. Traslaviña, "Colombia: Tiendas de descuento generan revolcón en el comercio". Disponible en: <http://www.america-retail.com/colombia/colombia-tienedas-de-descuento-generan-revolcon-en-el-comercio/>
- [3] Andi, "Cadenas y grandes tiendas, con fiebre de inversión en Colombia". No. 15, Abr 2014. Disponible en: http://www.andi.com.co/cpcd/Boletin_2014/Boletin_Retail_No_15.pdf.
- [4] H. Silva, "Comportamiento de las superficies de Retail en Colombia". *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, Universidad del Norte, No. 30, 2011.
- [5] Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional. *Doing Bussines* (2009). Washington, 2009. Disponible en: <http://espanol.doingbusiness.org/~media/WBG/DoingBusiness/Documents/Annual-Reports/Foreign/DB09-FullReport-Spanish.pdf>
- [6] I. Gomez. "Los Grandes formatos comerciales". Feb 2005. Disponible en: <http://igomeze.blogspot.com.co/2005/02/>
- [7] M. Vega-Vazquez, M. Á. Revilla-Camacho, F. J. Cossío-Silva, and F. J. Cossi, "The value co-creation process as a determinant of customer satisfaction". *Manag. Decis.*, Vol. 51, No. 10, pp. 1945–1953, 2013.
- [8] S. Min, J. T. Mentzer & R. T. Ladd, "Market orientation in supply chain management". *J. Acad. Mark. Sci.*, Vol. 35, No. 4, pp. 507, 2007. DOI: 10.1007/s11747-007-0020-x
- [9] P. A. Dabholkar, D. I. Thorpe & J. O. Rentz. "A measure of service quality for retail stores: Scale development and validation". *J. Acad. Mark. Sci.*, Vol. 24, No. 1, pp. 3–16, Dec. 1996. DOI: 10.1007/BF02893933
- [10] R. Vázquez Casielles, J. A. Trespalacios Gutiérrez, and I. A. Rodríguez-Del Bosque, *Marketing: estrategias y aplicaciones sectoriales*. Civitas, 1994.
- [11] U. Jüttner & M. Christopher. "The role of marketing in creating a supply chain orientation within the firm". *Int. J. Logist. Appl.*, Vol. 16, No. 2, pp. 99–113, Apr. 2013. DOI: 10.1080/13675567.2013.799636
- [12] P. Ocampo, "Gerencia logística y global," *Rev. EAN*, No. 66 pp. 113-136, 2009.
- [13] S. Thomas. "Linking customer loyalty to customer satisfaction and store image: a structural model for retail stores". *DECISION*, Vol. 40, No. 1-2, pp. 15–25, Nov. 2013. DOI: 10.1007/s40622-013-0007-z
- [14] A. S. Dick and K. Basu, "Customer loyalty: Toward an integrated conceptual framework". *J. Acad. Mark. Sci.*, Vol. 22, No. 2, pp. 99–113, Mar. 1994. DOI: 10.1177/0092070394222001

- [15] M. Kibbeling, H. van der Bij & A. van Weele. "Market Orientation and Innovativeness in Supply Chains: Supplier's Impact on Customer Satisfaction". *J. Prod. Innov. Manag.*, Vol. 30, No. 3, vol. 3, pp. 500–515, May 2013. DOI: 10.1111/jpim.12007
- [16] C. Chiesa de Negri, *CRM : las cinco pirámides del marketing relacional : cómo conseguir que los clientes lleguen para quedarse*. Ediciones Deusto, 2009.
- [17] J. M. López-Bonilla & L. M. López-Bonilla. "Validación de la escala de necesidad de interacción social entre cliente y prestador de servicios". *Rev. Bus. Manag.*, Vol. 16, no. 53, pp. 560–574, Dec. 2014. DOI: 10.7819/rbgn.v16i53.1622

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN



El impacto de la impresión 3D en la joyería

3D printing, a huge impact in jewelry

laura Muñoz Mesa

*Sena, Centro de Formación en Diseño, Confección y
Moda
Grupo INAMOD
Itagüí, Colombia
laurammesa@gmail.com*

Jorge Humberto Sánchez Trujillo

*Sena, Centro de Formación en Diseño, Confección y
Moda
Grupo INAMOD
Itagüí, Colombia
tecnojoyas@gmail.com*

(Recibido el 10-10-2016. Aprobado el 01-12-2016. Publicado el 28-12-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

L. Muñoz-Mesa, J. Sánchez-Trujillo, "El impacto de la impresión 3d en la joyería", Lámpsakos, no. 16, pp 89-97, 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1969>

Resumen. La joyería ha hecho parte de diversas culturas simbolizando distinción o poder. En Colombia, la joyería es una actividad tradicional heredada de los indígenas quienes desarrollaron técnicas especiales para trabajar el metal. En términos generales, la elaboración de joyas es artesanal, es decir, con las manos y la ayuda de herramientas básicas, sin equipos industriales ni alta tecnología. La aparición de la impresión 3D impacta una parte significativa del proceso de producción mejorando la productividad, la calidad en los detalles de la joya, fortaleciendo procesos de producción en serie y de joyería personalizada, permitiendo la producción de diseños que a mano no sería posible realizar, entre muchas otras ventajas. Sin embargo, ante las posibilidades que ésta tecnología ofrece, se generan dudas en el sector joyero local sobre los aspectos a tener en cuenta en la adquisición y los requerimientos para trabajar con ésta tecnología por lo cual se realiza un rastreo bibliográfico de casos de éxito, ventajas, desventajas y características de las impresoras. De éste modo cualquier joyero puede evaluar la pertinencia de la impresión 3D dentro de su unidad productiva y tomar una decisión certera frente a la impresora correcta para el trabajo que cada uno requiere.

Palabras clave: Impresión 3D, Joyería, Manufactura avanzada, producción.

Abstract. Through history jewelry has been part of several cultures symbolizing power and elegance. In Colombia, jewelry is a traditional activity inherited from the natives who developed special techniques making it easier for metal work. The jewels are manufactured manually with basic tools, without industrial equipments and specialized technology. The 3D printer arrival makes a huge impact in the production process, improving productivity, a better quality in jewel details and making better assembly-line production and personalization. This allows the manufacture of some jewels that are not possible to hand-make. However this technology generate doubts in the jewelry sector and requires an investigation with successful cases, good and bad things related with the 3D printer and its characteristics. With this investigation the jewelers can evaluate the advantages of having a 3D printer with the exact specifications needed in their production line.

Keywords: advanced manufacturing, Jewelry, makers, production, 3D printing.

1. INTRODUCCIÓN

La impresión 3D ha sido el avance tecnológico más significativo que la joyería ha tenido en su historia. Si bien, se han desarrollado equipos para ciertos procesos como elaboración de cadenería, planta para recubrimientos superficiales o instrumentos para brillo; éstos sólo son útiles para empresas que desarrollen estos procesos a escala industrial, en un país como Colombia más del 90% de los productores de joyería son microempresas, es decir, pequeñas unidades productivas que trabajan de manera artesanal, por lo cual equipos industriales para partes específicas del proceso de producción, resultan costosos y en cierta medida ineficaces gracias al pequeño volumen que manejan. Sin embargo, la impresión 3D es transversal a muchos de los procesos joyeros, lo cual indica que para cualquier empresa de joyería, así sea una muy pequeña, es una tecnología útil, incluso indispensable para estar a la vanguardia de las exigencias del mercado [1].

Para los joyeros es de vital importancia conocer cómo funciona ésta tecnología y para qué sirve, con el fin de determinar la pertinencia de incorporarla dentro de su empresa.

La impresión 3D es tecnología relativamente nueva con escasa información en español, adicionalmente es tecnología muy versátil, aplicable a múltiples industrias, lo que también dificulta encontrar información específica para el caso de joyería. Por esta razón este artículo constituye un rastreo bibliográfico de información relevante para el sector joyero, explicando las ventajas y desventajas de la impresión 3D para la industria en términos claros que les permitan a los joyeros entender y evaluar la pertinencia de adoptar esta tecnología como parte del proceso de producción.

2. INICIO Y PANORAMA GENERAL DE LA IMPRESIÓN 3D

La impresión 3D surge como una consecuencia de tendencias como “makers”, “hazlo tú mismo” (Do It Yourself–DIY en inglés o Do It With Others–DIWO) y los espacios de coworking. Todo lo anterior reunía grupos de personas que en su tiempo libre se dedicaban a la fabricación de objetos de diversa índole, por

ejemplo objetos de decoración u objetos dañados en casa e incluso objetos mecánicos o electrónicos. En las principales ciudades del mundo, estos grupos de personas contaban con espacios comunes dotados de herramientas para llevar a cabo sus proyectos e intercambiar ideas que permitieran la mejora de los mismos. Éste tipo de centros han tenido un papel fundamental en la divulgación de la impresión 3D y sus bondades.

El primer sistema de impresión 3D fue creado en 1984 por Charles Hull [2], [3], se trata de la estereolitografía (Stereolithography–SLA en inglés), creada como un sistema de impresión de maquetas para probar prototipos antes de su fabricación en serie. Hacia 1990, Scott Crump creó el sistema Fused Deposition Modeling (FDM) capaz de crear objetos en 3D, gracias a la construcción del mismo capa por capa, cuyo material se solidifica posteriormente con la forma deseada.

Para éste momento, los costos de una impresora 3D eran altos, hasta que en el 2005 el Dr. Bowyer creó una impresora 3D capaz de imprimir casi todas las piezas de las cuales estaba compuesta (autoreplicable), esto abre paso, gracias a la comunidad “maker”, al open source o código abierto, donde varias personas a través de foros en internet colaboran en la mejora del desarrollo de la impresora, acercando esta tecnología a las comunidades y permitiendo la creación de nuevas impresoras que pueden ser ensambladas por los usuarios aún sin amplios conocimientos sobre el tema.

Todo esto contribuye a la reducción de costos y se genera entonces una proliferación de impresoras 3D con diversidad de precios, marcas, materiales, colores, resoluciones, espacios de trabajo, etc. Útiles para un sinnúmero de ideas que van desde repuestos para objetos del hogar hasta la fabricación de carros, casas [4], computadores y drones. Es decir, hay una cantidad enorme de necesidades que pueden ser cubiertas por la impresión 3D y hay un sinnúmero de impresoras con características diversas, por lo que los usuarios pueden verse abrumados a la hora de decidir cuál adquirir, para lo cual, debe tenerse en cuenta lo que se desea hacer con la impresora 3D y analizar los aspectos fundamentales que dichos objetos requieren para su fabricación con el fin de obtener la impresora adecuada. Y es que la penetración de la impresión 3D es tan grande que, según la consultora Juniper, en el 2014 se presupuestaba vender 44.000

unidades de impresoras para el hogar y para el 2018 se estima que la cifra superará el millón de unidades [5].

3. IMPACTO DE LA IMPRESIÓN 3D EN EL MUNDO

La impresión 3D ha llegado para quedarse, cambiando la manera como tradicionalmente se fabricaban objetos de diversa índole e impactando sectores como ciencia, industria, alimentación, entre otros.

Como muestra de lo anterior, se exponen los siguientes ejemplos, que representan sólo una parte de los casos existentes.

- Transporte particular:** el LM3D Swim de Local Motors [6], [7], [8], es un carro hecho a partir de impresión 3D, cuya promesa de venta es que es un carro “seguro, inteligente, sostenible”. Con capacidad para 4 personas y un precio final de 53.000 dólares, la compañía planea fabricar cerca de 2400 carros al año con sistema eléctrico de propulsión.

Otro ejemplo, es la moto eléctrica VOLTA fue diseñada con impresión 3D [9], tecnología que logró disminuir cerca del 30% de los costos de producción. La impresión 3D sirvió para probar la ergonomía y la funcionalidad de varias de las partes de la moto, eliminando la necesidad de encargar costosos moldes de plástico y facilitando la fabricación final permitiendo la producción de ediciones especiales.
- Industria Alimenticia:** Foodini es una impresora 3D capaz de preparar alimentos (dulces o salados) a partir de ingredientes frescos [10]. La idea consiste en agregar cada ingrediente, previamente triturado, licuado o en puré a cápsulas que irán a la impresora. El trabajo que la impresora realiza es poner capas de ingredientes de mínimo 1,5 mm de espesor hasta formar el alimento deseado. La versión inicial de Foodini está pensada para hoteles y hospitales, esta versión prepara los alimentos, pero no puede cocinarlos, es decir, después de la impresora 3D deben ir al horno si así se requiere. Sin embargo, posteriormente saldrá al mercado una versión destinada al uso doméstico que será capaz de cocinar el plato para que quede listo.
- Medicina:** un grupo de médicos estadounidenses logra salvar la vida de un bebé con un problema en el corazón. El niño con una enfermedad denominada cardiopatía congénita, debía ser sometido a una compleja cirugía. En un caso normal, los médicos tendrían que parar el corazón del bebé para mirarlo y determinar qué hacer, sin embargo, en ésta ocasión, se realizó una impresión 3D del corazón del niño [11], [12], a partir de imágenes obtenidas de una resonancia magnética. Gracias a la impresión, los médicos pusieron conocer las formaciones extrañas que el corazón del niño tenía y pudieron realizar una intervención más sencilla.
- Biomédica:** un colegio en Barcelona se ganó una impresora 3D en un concurso y la ha estado utilizando para enseñarle a sus estudiantes a manejarla proveyendo al colegio de elementos necesarios como premios o herramientas. Lo sorprendente es que un grupo de niños de éste colegio con acompañamiento de su profesor, desarrollaron una prótesis de mano para una de sus compañeras a partir de impresión 3D [13], [14], [15]. Actualmente hay múltiples historias y ejemplos de prótesis realizadas con esta tecnología [16], lo sorprendente de ésta historia en particular es que fue realizada por niños de 12 años en promedio. Así aprenden a utilizar las nuevas tecnologías y a ayudar a las personas. La impresión 3D ofrece la posibilidad de tener prótesis a bajo costo, pudiéndolas cambiar o adaptar al crecimiento de los niños, incluso existe la posibilidad de realizarlas en colores llamativos para ellos como fucsia o azul.
- Juguetería:** La reconocida marca de juguetes Mattel sacó al mercado en los años 60 un producto llamado “ThingMaker” [17], se trataba de moldes que los niños podían rellenar para hacer sus propios juguetes. Ahora Mattel lanza al mercado nuevamente “thingmaker”, la impresora 3D para que los niños puedan fabricar juguetes en casa. Este es un ejemplo claro de la evolución que ha tenido la industria en general al pasar del molde a la impresión 3D en la fabricación de objetos. Este caso también es un ejemplo del cambio que las empresas se ven obligadas a hacer a partir del avance de la tecnología, con el fin de permanecer en el mercado. Thingmaker está equipada con

toda la seguridad que un niño requiere para operarla y su funcionamiento es sencillo e intuitivo. Viene con una aplicación de diseño fácil de manejar donde los niños pueden crear sus propias figuras y enviarlas directamente a la impresora 3D, al parecer, la idea en el futuro es que los padres puedan comprarles a sus hijos paquetes de accesorios para Barbie, Max Steel, entre otros, para que los pequeños puedan imprimirlos en casa.

La impresión 3D entonces, permite crear en casa un sinnúmero de objetos que eran exclusivos de industrias especializadas. Esta tecnología supone una avalancha de creaciones donde realmente el único límite es la imaginación, prueba de esto es que haya niños de 12 años diseñando y fabricando prótesis funcionales para personas con limitaciones en alguno de sus miembros.

Esto supone un reto grande para las industrias de distintos sectores, que se ven obligadas a transformar sus modelos de negocio con el fin de no desaparecer del mercado en manos de un sustituto hecho en casa a bajo costo. La joyería no está exenta de éste riesgo, viéndose obligada a utilizar la tecnología 3D para mejorar sus procesos de producción. Un ejemplo claro de esto es la joya máxima del arte cinematográfico hollywoodense: la estatuilla dorada de los premios de la academia, el Oscar.

- **Orfebrería:** para la última ceremonia de los premios de la academia, los organizadores querían entregar réplicas de la estatuilla original realizada en los años 20. La compañía encargada de la fabricación escaneó la estatuilla original y con ayuda de la impresión 3D la trajo de nuevo a la vida [18]. El presidente de la academia, Cheryl Boone Isaacs, declaró “con la ayuda de la tecnología del siglo XXI podemos honrar los inicios del Oscar. La nueva estatuilla ejemplifica la artesanía impecable y la naturaleza duradera del arte”.

Existen innumerables casos que ejemplifican el impacto de la impresión 3D en el mundo, los anteriores sólo dan una idea general de la magnitud y la diversidad de aplicaciones que esta tecnología supone. Sin embargo, la manufactura avanzada, como ha sido denominada ésta y otras tecnologías para la fabricación,

progresa cada día y las múltiples mejoras en sistemas y materiales de impresión no se hacen esperar.

3.1. Impacto de la impresión 3d en la joyería

Como se había planteado, la impresión 3D ha sido el avance tecnológico más impactante que la joyería ha tenido en su proceso productivo. Tradicionalmente para la fabricación de una joya ha habido dos métodos: El primero se denomina “armado” y consiste en trabajar directamente el metal con las manos y ayuda de herramientas básicas, siendo éste un método 100% artesanal. El segundo método es denominado como “cera perdida” y consiste en tallar a mano la joya a partir de un bloque de cera. Este proceso requiere de tiempo, trabajo y años de experiencia para adquirir tal habilidad entendiendo que hay diseños altamente complejos como aquellos que tienen muchos detalles, arabescos e incluso textos diminutos. Esta joya en cera es la pieza maestra para la fabricación de la joya final en metal a la cual se le pueden sacar múltiples repeticiones gracias a la creación de moldes de caucho o silicona.

Con el avanzar de la tecnología, algunas empresas incorporaron máquinas de control numérico CNC en sus procesos de producción, es decir, se modela la joya en un software especializado de tres dimensiones (Diseño asistido por computador CAD), se pasa el diseño al software de la máquina de control numérico y ésta lo reproduce en el bloque de cera para continuar el proceso normal de cera perdida. Sin embargo, esta tecnología conlleva múltiples complicaciones y limitantes como la cantidad de ejes capaces de tallar el bloque de cera, la complejidad de su funcionamiento y el tiempo que tarda el proceso teniendo en cuenta que solo puede tallar una pieza a la vez.

Con la llegada de la impresión 3D no sólo es posible realizar varias piezas al tiempo, sino que son equipos cada vez más fáciles de manejar y permiten la mejora de múltiples detalles en las joyas. Es por esto que muchas compañías joyeras alrededor del mundo como Tripsion [19], Sharebot [20] y Lupeon [21], empezaron a incorporar ésta tecnología de manera exitosa como se muestra a continuación.

3.2. Casos de éxito de la impresión 3d en joyería

La introducción de la impresión 3D en la joyería ha ido en aumento, desde empresas que empezaron a utilizarla como prototipo para validar diseños y para mejorar ciertas características, hasta empresas que fabrican la joya completa con impresión 3D. Esto ocurre gracias a la variedad de materiales de impresión que permiten que la joya final sea la impresión misma en un material como resina por ejemplo o materiales que permiten llevar a cabo con ellos el proceso de cera perdida logrando obtener la joya final o permitiendo obtener a partir de ella un molde para sacar repeticiones.

American Pearl es una compañía tradicional de Nueva York que incorporó la impresión 3D permitiendo que los clientes ordenaran joyas desde la comodidad de su casa pagando por internet y sin poner un pie en la tienda [22], [23]. Posteriormente renovó su estrategia aprovechando el valor sentimental que tienen las joyas familiares y empezó a desarrollar réplicas de joyas a partir de fotos viejas [24], así las personas pudieron recuperar joyas perdidas o tener una segunda joya en caso de pérdida. Éste es un ejemplo de éxito porque gracias a la tecnología 3D la compañía pudo desarrollar estrategias que se tradujeron en valor agregado para sus clientes.

Makebu por su parte es una marca española que encontró en la impresión 3D un método para diseñar joyas inspiradas en la naturaleza [25], [26], con formas y estructuras en sus diseños que difícilmente podrían ser producidos con otro método. La diseñadora de ésta marca trabaja en el software de diseño desde su casa, imprime y le envía la pieza maestra a un proveedor para que fabrique sus joyas.

Grandes empresas en el mundo de la joyería emplean no sólo la impresión 3D sino el diseño digital, requerido como insumo de impresión, para realizar catálogos digitales a bajo costo y fabricar joyas sobre pedido, sin incurrir en costos de producción de piezas para exhibición en vitrinas. Un ejemplo de lo anterior es la compañía de anillos de compromiso TACORI que cuenta en su página con muestras digitales de sus anillos para ser producidos sobre pedido.

En el caso de Colombia, la penetración de impresión 3D ha sido demorada, pero va en aumento gracias a que el sector empieza a conocer las bondades de

ésta tecnología gracias a los primeros joyeros que tomaron el riesgo y se han ido convirtiendo en proveedores de sus propios colegas y competidores.

3.3. Ventajas de la impresión 3d para joyería

Eficiencia y productividad en el trabajo, ya que mientras la impresora realiza su función, el joyero puede dedicarse a otras actividades. Esto es especialmente importante en el caso de Colombia, donde en gran parte de los casos, el joyero es el que realiza todas las funciones empresariales: administración, ventas, diseño, producción, etc.

La impresora 3D cuenta con capacidad de sacar varias piezas al tiempo, lo cual agiliza el trabajo.

Calidad y definición en los detalles de diseño, la impresión 3D ofrece un nivel de perfección que el hombre sólo podría alcanzar con años y años de entrenamiento.

Igualdad en las series, es decir, si una empresa requiere producir “x” cantidad de piezas iguales, la impresión 3D las sacará realmente iguales, en contraste, piezas realizadas a mano siempre tendrían alguna variación, especialmente si el diseño es complejo e intrincado.

La impresión 3D está en capacidad de realizar diseños que no podrían hacerse a mano o que requerirían para su fabricación empates y soldaduras que la tecnología disminuye o elimina por completo, logrando piezas más finas y prolijas.

Esta tecnología permite que un cliente pueda ver la joya antes de su fabricación para estar seguro de que es lo que realmente desea. En caso de que haya cambios, la joyería no habrá asumido altos costos de producción ni habrá invertido material precioso.

Las unidades productivas joyeras podrían generar a partir de esta tecnología nuevas unidades de negocio, por ejemplo, joyería cuya impresión 3D es el material final, podrían convertirse en proveedor de otros joyeros, podrían desarrollar servicios adicionales para sus clientes habituales o elaborar prefabricados para ensamblar.

3.4. Desventajas De La Impresión 3D Para Joyería

- El joyero deberá invertir tiempo y esfuerzo en capacitarse para aprender a modelar 3D.
- Será necesario capacitarse en funcionamiento y mantenimiento de la impresora 3D que se elija.
- Hay que realizar una inversión de dinero para adquirir la nueva tecnología.
- Dificultad en el proceso de quemado o desceado.

4. ASPECTOS A TENER EN CUENTA ANTES DE ADQUIRIR UNA IMPRESORA 3D

En el mercado existen gran cantidad de marcas de impresoras 3D que funcionan con sistemas y materiales diversos, de modo que elegir una adecuada puede ser una tarea abrumadora. Adicionalmente, para el caso específico de la joyería los requerimientos en cuando materiales y resolución son mayores que para otras industrias. Las características a tener en cuenta son las siguientes:

- **Precio de compra:** la importancia de éste ítem va a depender del poder adquisitivo de la empresa que la vaya a adquirir, sin embargo, los costos cada vez son más bajos, mientras que las funcionalidades aumentan.

Costo de mantenimiento: La impresora es un equipo como cualquier otro que requiere mantenimiento preventivo, es importante conocer el costo del mismo antes de adquirir la impresora.

Costo de los insumos de trabajo: en ocasiones el precio de compra de la impresora es muy atractivo porque el negocio está en la compra permanente de insumos costosos para trabajar, por esto es importante conocer el precio de los insumos, dónde adquirirlos y cuál es su rendimiento, teniendo en cuenta que no cualquier material le sirve a cualquier impresora.

Calidad y agilidad de soporte técnico: La impresora se convierte en un equipo de trabajo fundamental dentro de las actividades de diseño y producción de la empresa, tenerla parada acarrearía grandes gastos ya que esto supone un atraso en el trabajo, por lo cual en el caso de que haya algún inconveniente, es necesario solucionarlo a la menor brevedad, por lo cual el soporte técnico debe ser rápido, inteligente y a un costo razonable, es importante conocer la experiencia que otros usuarios han tenido en caso de requerir soporte para medir la calidad de respuesta.

Material de impresión: Para el caso de la joyería el color del material de impresión no es tan importante como para otras industrias, lo que sí es realmente importante es que sea un material al que se le pueda aplicar el proceso de cera perdida para continuar con él la producción de la joya. Esto es fundamental y es lo que hace que la impresión 3D sea realmente relevante para la industria joyera.

Dimensiones del área de trabajo: ante mayores dimensiones, mayor cantidad de piezas de joyería van a poder imprimirse al tiempo, es importante entender que en caso de que área de trabajo sea pequeña y se requiera imprimir una pieza grande, ésta se puede imprimir por partes para ser ensamblada luego, sin embargo, esto depende del tipo de joyería que se realice, para el caso de anillos, por ejemplo, no se requiere un área de trabajo demasiado grande.

- **Resolución:** este es un aspecto vital en joyería y consiste en que la impresora 3D va creando la pieza por capas hasta alcanzar la altura final, la resolución responde entonces al grosor de esas capas que se mide en micras. A mayor cantidad de micras menor resolución, es decir, mientras menos micras tenga, menos visible será la escala que se genera entre capa y capa. En joyería como se manejan tantos detalles la resolución debe ser muy buena para que el trabajo quede con la calidad adecuada.
- **Facilidad de manejo de la impresora y de su software:** si bien es cierto que cada vez las impresoras son más intuitivas y fáciles de manejar, también es cierto que éste es un aspecto a tener en cuenta en el momento de elegir

Tabla 1. Comparativo de impresoras 3d

Comparación de impresoras 3D						
	B9Creator V1.2HD	3D Systems Project 1200	Asiga Freeform Pico2	Solidscape MAX2	Digital Wax 008j	FormLabs Form 2
Máximo espacio de impresión, mm x mm x mm	104x75x203	43x27x150	51x32x75	152x152x101	65x65x90	145x145x175
Resolución XY (La más alta) en micron	30	56	39	10	50	140
Acepta resinas de terceros	SI	No	Si	No	Si	No
1 kg of Resina moldeable del fabricante	\$127	\$1200	\$350	\$700	\$650	\$299
Tiempo para imprimir 5 modelos, en horas.	4	6	4	15	8	8
Costo de la máquina	\$4595	\$4900	\$6990	\$55650	\$26000	\$3499

Fuente: B9 Creations. <https://www.imakr.com/global/en/3d-printers/108-b9creator-assembled-v12.html>, [27]

una impresora 3D, ya que se busca disminuir la curva de aprendizaje y familiarización con la máquina para beneficiar la rentabilidad empresarial.

Como puede observarse son varios los aspectos a tener en cuenta y no es tan sencillo como elegir por costo una de las impresoras disponibles en el mercado. La Tabla 1, tomada de [27] muestra un comparativo entre las impresoras 3D más comunes para joyería, es importante aclarar que las impresoras 3D que funcionan con filamento plástico no son adecuadas para fabricación de joyas.

5. MODELADO 3D COMO INSUMO PRINCIPAL

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta para la implementación de impresión 3D es el diseño o modelado tridimensional, sin el cual la impresión 3D no presta ningún servicio. Puede afirmarse que es en el modelado 3D donde están en “know how” y el valor agregado de la empresa. Si bien en internet hay cientos de diseños gratis y listos para descargar, esta no puede ser la sustitución del diseño porque se estaría saturando el mercado con más de lo mismo.

El modelado 3D es un punto crítico por dos razones; la primera es que pasa desapercibido ante el ruido que genera la impresión 3D, pero la realidad es que es en él en donde está la fortaleza para competir en el mercado y hacer de la joyería y de la impresión 3D algo extraordinario. Y la segunda razón por la cual es crítico es que la curva de aprendizaje para dominar

los programas de modelado 3D para joyería es muy larga, especialmente si se compara con la curva de aprendizaje sobre impresión 3D.

De acuerdo con los foros en línea y los concursos internacionales de diseño de joyas, las mejores aplicaciones de software para modelado de joyería 3D son Rhinoceros Gold de Adobe y Matrix de Gemvision. El tiempo estimado de aprendizaje mínimo se considera que está alrededor de los 8 meses, sin embargo, esto depende de la habilidad y la dedicación que cada usuario tenga.

6. CONCLUSIONES

La impresión y el modelado 3D no constituyen el futuro de la joyería, sino el presente. En el mundo ya se utiliza logrando múltiples modelos de negocio que generan relaciones de mutualismo entre las empresas y sus clientes. Colombia no puede quedarse atrás, es importante para las unidades productivas del país adoptar las nuevas tecnologías en pro de las mejoras del proceso con el fin de generar mayor competitividad y garantizar su sostenibilidad en el mercado.

Es necesario entender que esta tecnología es cambiante y revolucionaria, por lo cual hay que estar atentos ante las tendencias y fortalecer la capacidad de adaptación y el diseño de estrategias y modelos de negocio satisfactorios para la empresa y sus clientes.

Actualmente existen en el mercado impresoras 3D capaces de imprimir directamente en metal (sinterización láser) [28], [29], aunque todavía son muy costosas. Pero tal y como ha ocurrido el precio tenderá a disminuir mientras aumenta la funcionalidad, en cuyo caso los joyeros podrán ser sustituidos por una impresora 3D que cualquiera podrá tener en casa. Por esta razón es indispensable pensar el mercado como algo cambiante y la empresa como algo dinámico con capacidad de adaptación. De ahí la importancia de pensar en nuevos modelos de negocio, tal y como lo está haciendo la compañía MATTEL en su sector hay ofrecer para la venta una impresora 3D capaz de reproducir en casa los juguetes que ellos habían producido hasta hoy en el interior de sus fábricas.

La clave del negocio a futuro está entonces en la manufactura digital, no en la impresión 3D.

REFERENCIAS

- [1] Redacción Revista el Impresor., «Colección de joyería de oro impresa en 3D aspira transformar la industria,» 9 septiembre 2015, [En línea]. Disponible en: <http://revistaelimpresor.com/coleccion-de-joyeria-de-oro-impresa-en-3d-aspira-transformar-la-industria/>. [Último acceso: 2016].
- [2] A. A. Marcos, «La historia del futuro industrial: cómo surgió la impresión 3D,» 1 noviembre 2013. [En línea]. Disponible en: <https://telecotowalk.wordpress.com/2013/11/01/la-historia-del-futuro-industrial-como-surgio-la-impresion-3d/>. [Último acceso: 2016].
- [3] J. Miravalls, «El padre de la impresora 3D gana el Oscar europeo de los inventores,» 17 julio 2014, [En línea]. Disponible en: <http://www.el-mundo.es/ciencia/2014/06/17/53a012fc22601dc46a8b457a.html>. [Último acceso: 2016].
- [4] Benedict, «We can 3D print a house in 24 hours, says teenage CEO of Cazza Construction,» 29 noviembre 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.3ders.org/articles/20161129-we-can-3d-print-a-house-in-24-hours-says-teenage-ceo-of-cazza-construction.html>. [Último acceso: 2016].
- [5] E. Macías, «En 2018 se venderán más de un millón de impresoras 3D domésticas,» 22 abril 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.tic-beat.com/economia/2018-se-venderan-un-millon-impresoras-3d-domesticas/>. [Último acceso: 2016].
- [6] Local Motors, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://localmotors.com/3d-printed-car/>. [Último acceso: 2016].
- [7] P. Kote., «Así es el coche impreso en 3D de Local Motors: LM3D Swim será una realidad el año que viene,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.xataka.com/automovil/asi-es-el-coche-impreso-en-3d-de-local-motors-lm3d-swim-sera-una-realidad-el-ano-que-viene>. [Último acceso: 2016].
- [8] F. Piqueras, «El primer coche impreso en 3D sale a la venta en 2016,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://impresiontresde.com/blog/el-primer-coche-impreso-en-3d-sale-a-la-venta-en-2016/>. [Último acceso: 2016].
- [9] Redacción Interempresas, «La moto eléctrica Volta, diseñada utilizando la impresión 3D,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/155458-La-moto-electrica-Volta-disenada-utilizando-la-impresion-3D.html>. [Último acceso: 2016].
- [10] Natural Machines, «Foodini,» 2017, [En línea]. Disponible en: <https://www.naturalmachines.com/>. [Último acceso: 2016].
- [11] J. Pastor, «Un corazón impreso en 3D ayuda a salvar la vida de un bebé de dos semanas,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.xataka.com/makers/un-corazon-impreso-en-3d-ayuda-a-salvar-la-vida-de-un-bebe-de-dos-semanas>. [Último acceso: 2016].
- [12] A. Bernardo, «Corazón obtenido mediante impresión 3D logra salvar la vida de un niño en Estados Unidos,» 2016, [En línea]. Disponible en: <https://hipertextual.com/2014/02/impresion-3d-corazon-nino>. [Último acceso: 2016].

- [13] C. Picart, «Crean una prótesis de en una impresora 3D para una compañera de colegio,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.lavanguardia.com/vida/20160522/401964744809/crean-una-protesis-de-mano-en-una-impresora-3d-para-una-companera-de-colegio.html>. [Último acceso: 2016].
- [14] E. Rivero, «Prótesis de mano a partir de impresora 3D,» 2016, [En línea]. Disponible en: <https://www.unocero.com/2015/04/05/protesis-de-mano-a-partir-de-impresora-3d/>. [Último acceso: 2016].
- [15] EFE Barcelona., «Crean una prótesis de mano en una impresora 3D,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.diarioinformacion.com/vida-y-estilo/salud/2016/05/23/crean-protesis-mano-impresora-3d/1765039.html>. [Último acceso: 2016].
- [16] EFE, «Francés fabrica una mano biónica de bajo costo,» 29 septiembre 2015, [En línea]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16389817>. [Último acceso: 2016].
- [17] C. Contreras, «Mattel lanza una impresora 3D para crear juguetes en casa,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.3dnatives.com/es/mattel-lanza-una-impresora-3d-para-imprimir-juguetes-16022016/>. [Último acceso: 2016].
- [18] Redacción Imprimalia 3D., «Los Oscar también se rinden a la impresión 3D,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2016/02/18/005775/oscar-tambi-n-se-rinden-impresi-n-3d>. [Último acceso: 2016].
- [19] Redacción Imprimalia., «Joyería Impresa en 3D Tripsion,» 16 junio 2014, [En línea]. Disponible en: <http://www.imprimalia3d.com/anuncios/2014/06/16/002528/joyer-impresa-3d-tripsion>. [Último acceso: 2016].
- [20] Empresa Sharebot., 2017, [En línea]. Disponible en: <https://www.sharebot.it>. [Último acceso: 2016].
- [21] Lupeon., 2017, [En línea]. Disponible en: <http://www.lupeon.com/galeria/disenos-joyeria-impresion-3d>. [Último acceso: 2016].
- [22] Redacción Imprimalia 3D, «Joyas mediante impresión 3D,» 26 diciembre 2013, [En línea]. Disponible en: <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2013/12/12/00788/joyas-mediante-impresi-n-3d>. [Último acceso: 2016].
- [23] A. Bernardo, «La impresión 3D llega a la joyería de alta gama,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://blogthinkbig.com/impresion-3d-joyeria-alta-gama/>. [Último acceso: 2016].
- [24] Redacción Imprimalia 3D., «Réplica de joyas familiares mediante impresión 3D,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2014/05/06/002212/r-plica-joyas-familiares-mediante-impresi-n-3d>. [Último acceso: 2016].
- [25] Emprendedores.es, «Joyas y bisutería, diseñadas y fabricadas con 3D,» 10 octubre 2015, [En línea]. Disponible en: <http://www.emprendedores.es/ideas-de-negocio/makebu-oyas-bisuteria-disenadas-fabricadas-3d>. [Último acceso: 2016].
- [26] MAKEBU JOYAS S.L, Disponible en: <http://www.makebujoyas.com/catalogo/>. [Último acceso: 2016].
- [27] B9 Creations USA., 2017, [En línea]. Disponible en: <https://www.imakr.com/global/en/3d-printers/108-b9creator-assembled-v12.html>. [Último acceso: 2016].
- [28] Cooksongold., 2017, [En línea]. Disponible en: <http://www.cooksongold-emanufacturing.com/products-precious-m080.php>. [Último acceso: 2016].
- [29] Aniwaa Beta, «PRECIOUS M 080 EOS–3D printer,» 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.aniwaa.com/product/3d-printers/eos-precious-m-080/>. [Último acceso: 2016].

GUÍA PARA AUTORES

Envío de manuscritos

Los autores deben remitir los manuscritos de los artículos, acorde a las directrices de la revista en cuanto a pertinencia temática, originalidad, forma y calidad de contenido científico a través de la plataforma de la revista, a la cual se puede acceder a través de la dirección web <http://www.funlam.edu.co/lampsakos>.

De conformidad con las normas nacionales e internacionales sobre derechos de autor, las políticas de publicación de la Universidad Católica Luis Amigó y de la revista *Lámpsakos*, los autores deben diligenciar y enviar junto con el artículo, una carta de “Manifestación de Sesión de Derechos Patrimoniales y Declaración de Conflicto de Intereses”, firmada por cada uno de los autores. El formato de esta carta puede ser descargado de la dirección web de la revista:

http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/manager/files/plantillas/612_Cesion_de_derechos_patrimoniales_y_declaracion_de_conflictos_de_intereses.doc.

También se debe enviar junto con el artículo y la carta de sesión de derechos, una carta de presentación del artículo con los datos de cada autor, con la firma de cada uno, y la tipología del artículo según los organismos de indexación. Es importante que el autor cuente con su código ORCID. El formato de esta carta puede ser descargado de la dirección web de la revista:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/manager/files/plantillas/CartaPresentaci%C3%B3n.doc>.

Llenando estos datos el autor acepta que estos serán usados únicamente para su identificación por parte de la revista y el registro en los sistemas de indexación, organismos que a su vez deben velar por la protección de datos personales, tal como lo cumple la Universidad Católica Luis Amigó y la revista *Lámpsakos*, y que estos datos nunca serán entregados a terceros para fines ajenos a los procesos editoriales que competen a la publicación de su artículo.

Los manuscritos pueden ser presentados en español o inglés. El proceso de publicación es gratuito y no tiene costo alguno para el autor.

Tipología de artículos para la revista

Los autores pueden presentar para publicación las siguientes tipologías de artículos, definidas por los organismos de indexación de las revistas científicas, para reconocer la calidad de la publicación. La revista otorga prelación para la publicación de artículos de tipo 1, 2 y 3.

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, 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.

Otro tipo de artículos pueden ser considerados para publicación en la revista, dependiendo de su originalidad y aporte al conocimiento, según lo considere el editor, el comité científico, el comité editorial y el comité de árbitros de cada número. Entre ellos se cuentan:

4. Artículo Corto. Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión.
5. Reporte de caso. Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.
6. Revisión de tema. Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.
7. Cartas al editor. Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista que, a juicio del Comité Editorial, constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.
8. Editorial. Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado, sobre orientaciones en el dominio temático de la revista.

Pertinencia en el área de la Ingeniería

Los artículos recibidos son objeto de una evaluación preliminar por parte del editor y de los miembros del Comité Editorial, quienes determinan la pertinencia de la publicación acorde a los ejes temáticos de la revista. En caso de que no responda a la temática de la publicación, el artículo se regresa al autor.

Revisión de originalidad y análisis de similitud con otras publicaciones

Luego de recibir el artículo y validar condiciones de forma, se verifica que éste no tenga similitud con otras publicaciones. Con el propósito de identificar si los artículos son originales e inéditos y de evitar posibles copias y plagios, se utiliza tecnología profesional para comparar los manuscritos con otros ya divulgados por distintos medios digitales, incluso con las publicaciones académicas participantes de Crossref. Si el análisis arroja un índice de similitud superior al 25%, el artículo es descartado; si por el contrario, el índice es menor o igual a un 25%, el artículo continúa a una segunda etapa del proceso de revisión. A partir del análisis del reporte también se identifican errores en el manejo de las citas y referencias, adecuado uso de las fuentes primarias y credibilidad de la información.

Revisión de forma, redacción, estructura y contenido

El editor da una revisión preliminar y evalúa si se cumple con los criterios de forma, redacción y estructura de contenido que se describen en esta guía de autores. Si la presentación formal o de redacción de contenido debe mejorarse, se le solicita al autor junto con las sugerencias adecuadas, realizar las correcciones necesarias y se le pide hacer nuevamente envío del artículo; si el artículo cumple con las condiciones requeridas, se da paso a la etapa de evaluación por parte de pares académicos.

Los artículos enviados deben seguir las normas básicas que la revista establece a la hora de redactar el informe o trabajo, en aspectos esenciales como los titulares, la longitud del artículo, el tamaño de los párrafos, las citas bibliográficas, las nomenclaturas, la proporción de Tablas y Figuras, la presentación de los resultados o las citas bibliográficas. Se solicita

a los autores que tomen como referencia la plantilla guía con los siguientes requerimientos mínimos, que se puede descargar de la página web de la revista:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/uploads/Plantilla-Manuscrito.doc>.

a. Aspectos de forma del artículo

- **Tamaño de las hojas y márgenes:** Los artículos deben ser presentados en cuartillas tamaño carta (21.59 cm × 27.94 cm), márgenes de 2 cm en cada lado y en una columna.
- **Extensión máxima del artículo:** Ocho páginas usando el formato descargable de la revista.
- **Fuente:** Letra Arial, tamaño 10.
- **Párrafos:** Interlineado sencillo, con un espacio entre párrafos.
- **Numeración de títulos y encabezados.** En listas multiniveles con números arábigos hasta el subnivel 3.

b. Aspectos de contenido del artículo

- **Resumen:** Debe presentarse en español e inglés (*Abstract*). En cada idioma no debe exceder de 200 palabras.
- **Palabras clave:** Deben presentarse en español e inglés (*Keywords*). Incluir hasta máximo 5 palabras clave en orden alfabético, separadas por punto y coma.
- **Cuerpo del manuscrito:** Incluir introducción, metodología, desarrollo (evidenciando el aporte al área de ingeniería), resultados, conclusiones y trabajos futuros.
- **Bibliografía, citas y referencias:** Numeración bibliográfica según formato IEEE. Todas las citas en el manuscrito deben estar anotadas en las REFERENCIAS (Bibliografía); en consecuencia no deben existir referencias aisladas que no estén citadas dentro del cuerpo del manuscrito.

Es necesario poner especial cuidado en la organización y la estructura del trabajo, el estilo de redacción, la presentación de los resultados en Tablas y Figu-

ras, y en la correspondencia entre las referencias citadas y las enumeradas al final del trabajo. Además, conviene no olvidar el ajuste del lenguaje a un entorno internacional, propio de la comunidad científica y profesional, más allá de los modismos propios del país o del área en la que se produzca el artículo.

Las gráficas usadas deben ser originales y si éste no es el caso, el autor debe contar con el permiso adecuado para su uso. Éstas pueden ser enviadas en archivos independientes, con extensión JPG, PNG o GIF, con alta resolución para que durante el proceso de edición, no se pierda calidad como para dificultar la visualización clara en el artículo definitivo.

Proceso de evaluación y arbitraje

Cada uno de los artículos enviados a la revista *Lámpsakos*, para ser considerado publicable, es evaluado por un comité de árbitros pares académicos, con reconocida experiencia en el área a la cual pertenece el artículo. Al momento de enviar su manuscrito, la revista puede solicitarle sugerencias para la conformación del mencionado comité de evaluación, con la condición de que el proceso de dictamen para cada edición exige anonimato.

Una vez establecido que el artículo cumple con los requerimientos de pertinencia, originalidad, forma, estructura y redacción básicos, será enviado a dos o más pares académicos externos expertos en el área temática del artículo, quienes determinarán en forma anónima, la calidad científica, originalidad o novedad, relevancia y valor práctico del trabajo, bajo la modalidad de doble ciego, es decir que es confidencial la información de los autores para los dictaminadores, y viceversa.

Los jurados registran su veredicto en un formato en línea, de acuerdo a: si el artículo hace una nueva e importante contribución al conocimiento (novedad); logra los objetivos planteados; el problema planteado es claro; las conclusiones se relacionan con los objetivos; el argumento es claro y coherente sustentando las conclusiones; presenta antecedentes y estudios anteriores válidos; es convincente, sin omisiones significativas y errores; con un título y un resumen claro y acorde al contenido; con palabras claves adecuadas y suficientes; longitud total del artículo dentro de los límites; referencias adecuadas y correctas, concordantes con el contenido y con las citas dentro del cuerpo del documento; y finalmen-

te con su validación según su experticia en el tema para el cual fueron seleccionados como pares evaluadores.

Los pares pueden dar como dictamen: a) publicar sin cambios, b) publicar cuando se hayan cumplido correcciones menores, c) publicar una vez que se hayan hecho correcciones mayores y d) rechazar. Adicionalmente cada par clasifica el artículo de acuerdo a su tipo: Artículo de investigación científica y tecnológica, Artículo de reflexión, Artículo de revisión u otro tipo. La decisión de publicación y la clasificación del artículo definitiva se definirán de acuerdo al veredicto de la mayoría de los pares evaluadores asignados. Si la mayoría de los pares consideran que el artículo “se rechaza”, la dirección de la revista comunica la decisión al autor y envía, como soporte, el resultado de las evaluaciones entregado por los árbitros.

A medida que los pares van dando su veredicto, en el caso de que el resultado registrado sea, publicable con correcciones mayores o menores, se le irá informando al autor para que haga las mejoras correspondientes y el plazo de entrega del artículo corregido. Luego de realizadas las correcciones, el artículo será enviado nuevamente al jurado que solicito revisión de las mejoras en una segunda ronda para que valide si las correcciones son aceptables y determine si el artículo es publicable sin cambios adicionales. Se podrán hacer varias rondas de corrección hasta que el jurado esté satisfecho con los cambios. La notificación de aceptación o rechazo del artículo se realizará vía e-mail. El informe será emitido a los autores luego de que los pares realicen su veredicto final. Este proceso puede durar dos meses o más, dependiendo de la temática, facilidad de obtención de pares y la disponibilidad de tiempo de los mismos. Los resultados del proceso de dictamen académico serán inapelables en todos los casos.

En general, los aspectos de fondo más valorados serán la coherencia y la relevancia de la colaboración para el avance del conocimiento académico y profesional de la ciencia. Es necesario tener presente que cada tipología de trabajo tiene su propia estructura textual y conceptual, en función del aporte y de los posibles lectores.

Propiedad y Derechos de autor

El autor o autores aceptan las políticas editoriales de la revista *Lámpsakos* y los lineamientos de la guía, cediendo sus derechos patrimoniales a la revista y a la Institución, Universidad Católica Luis Amigó, para que su artículo y materiales puedan ser comunicados públicamente, reproducidos, divulgados, editados, fijados, transmitidos y publicados nacional y/o internacionalmente, distribuidos en el número de ejemplares que se requiera, en cualquier medio en cada una de sus modalidades, impresos, electrónicos, ópticos o de cualquier otra tecnología para fines exclusivamente científicos, culturales, de difusión y sin fines de lucro. Los trabajos publicados en la revista, sin excepciones, se acogen a las normas del Copyleft y Creative Commons, ya que la publicación es de libre distribución para el conocimiento y podrá ser reproducida por cualquier medio, haciendo mención de la fuente.

Cada artículo se acompaña de una *declaración de originalidad* en la que se especifique que no ha sido publicado y que no se someterá simultáneamente a otras publicaciones antes de conocer la decisión del Comité Editorial.

Las opiniones y afirmaciones que aparecen en la publicación reflejan exclusivamente los puntos de vista de sus autores y no comprometen necesariamente las políticas y pensamiento de la Universidad Católica Luis Amigó, la Facultad de Ingenierías y Arquitectura o la revista *Lámpsakos*.

Términos de ética

- Con base en lineamientos de organismos internacionales como el Committee on Publication Ethics (COPE), la revista *Lámpsakos* acata los siguientes principios éticos:
- El Comité Editorial en virtud de la transparencia en los procesos, velará por la calidad académica de la revista.
- Se consideran causales de rechazo: el plagio, adulteración, invento o falsificación de datos del contenido y del autor, que no sean inéditos y originales.

- En ningún caso, la dirección de la revista exigirá al autor la citación de la misma ni publicará artículos con conflicto de intereses.
- El Editor, los Comités y los Evaluadores tendrán libertad para emitir su opinión sobre la viabilidad de publicación del artículo.
- Las decisiones editoriales se informarán a los autores de manera oportuna, en términos respetuosos y procurando el mutuo aprendizaje.
- El Editor velará por el mutuo anonimato de los articulistas y los pares durante el proceso de evaluación.
- El articulista se comprometerá a respetar las leyes nacionales e internacionales de Derechos de Autor y de Protección a menores.
- En caso de duda o disputa de autoría y coautoría se suspenderá el proceso de edición y la publicación del texto hasta que sea resuelto.
- La revista se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.
- Si una vez publicado el artículo: 1) el autor descubre errores de fondo que atenten contra la calidad o científicidad, podrá solicitar su retiro o corrección. 2) Si un tercero detecta el error, es obligación del autor retractarse de inmediato y se procederá al retiro o corrección pública.
- Toda reclamación se recibirá por escrito mediante correo electrónico (lampsakos@funlam.edu.co) y el plazo máximo de respuesta será de cinco días hábiles a partir de la recepción de la disconformidad.

GUIDE FOR AUTHORS

Sending of manuscripts

Authors must submit manuscripts of articles, according to the guidelines of the journal in terms of the thematic relevance, originality, form and scientific content quality through the journal platform, which can be accessed through the Web address <http://www.funlam.edu.co/lampsakos>.

In accordance with the national and international norms on Copyright, the publication policies of the Catholic University Luis Amigó and the *Lámpsakos* journal, the authors must complete and send with the article, the “Patrimonial Rights Cession Acceptance and Conflict of Interest Declaration” form, signed by each one of the authors. This letter format can be downloaded from the web address of the journal:

http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/manager/files/plantillas/612_Cesion_de_derechos_patrimoniales_y_declaracion_de_conflictos_de_intereses.doc.

In addition, the authors must send a letter of the article presentation with the data and signature of each author, and the typology of the article, according to the indexing agencies. It is important that the author have his ORCID code. This letter format can be downloaded from the web address of the magazine:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/manager/files/plantillas/CartaPresentaci%C3%B3n.doc>.

By filling in this information, the author accepts that these data will be used only for his identification by the journal and for registration in the indexing systems.

The Catholic University Luis Amigó and the magazine *Lámpsakos* must ensure the protection of personal data as it is fulfilled by. This data will never be delivered to third parties for other purposes than the editorial processes that concern with the publication of your article.

Manuscripts may be submitted in Spanish or English. The publication process is free and has no cost to the author.

Typology of articles for the journal

Authors may submit their manuscripts for publication, according to the following typologies, defined by indexing agencies of scientific journals that recognize the publications quality. (Publindex, Colciencias–Colombia). The journal gives priority to the publication of articles of type 1, 2 and 3.

1. Article of scientific and technological research. Document that presents, in detail, the original results of completed research projects. The structure generally contains four important parts: introduction, methodology, results and conclusions.
2. Article of Critical Analysis. Document that presents finished research results from an analytical, interpretative or critical perspective of the author, about a specific topic, using original sources.
3. Review article. Resulting document from a completed investigation, which analyze, systematize and integrate the results of a

research, published or unpublished, in a field of science or technology, in order to account for the advances and development trends. It is characterized by a careful literature review of at least 50 references.

Another kind of articles are considered for publication in the journal, depending on their originality and contribution to knowledge, according to the editor, scientific and editorial committee, and referees of each issue. These include:

4. Short article. Brief document presenting original or preliminary results of a scientific or technological research, which usually require an early publication.
5. Case report. Document presenting the results of a study on a particular situation in order to show the technical and methodological experiences considered in a specific case. It includes an annotated systematic review of the literature on similar cases.
6. Theme review. Document resulting from the critical review of the literature on a particular topic.
7. Letters to the editor. Critical, analytical or interpretative positions on the documents published in the journal that, in the opinion of the Editorial Committee, constitute an important contribution to the discussion of the topic by the scientific community of reference.
8. Editorial. Document written by the editor, a member of the editorial committee or a guest researcher, on orientations in the thematic domain of the journal.

Relevance in the Engineering area

The articles received are subject to a preliminary evaluation by the editor and the members of the Editorial Committee, determining the relevance of the publication according to the thematic axes of the journal. In case it does not respond to the theme of the publication, the article is returned to the author.

Review of originality and analysis of similarity with other publications

After receiving the article and validate of form conditions, it is verified that it does not have similarity with other publications. In order to identify if the articles are original and unpublished and to avoid possible copies and plagiarism, professional technology is used to compare the manuscripts with others already divulged by different digital means, even with the academic publications participating in Crossref. If the analysis shows a similarity index over 25%, the article is discarded; on the contrary, if the index is less or equal than 25%, the article continues to a second stage of the review process. The analysis of the report also identifies errors in the management of the citations and references, adequate use of primary sources and credibility of the information.

Review of form, wording, structure and content

The editor do a preliminary review and evaluates the compliance with the form, drafting and content structure criteria described in this author's guide. If the formal presentation or content writing needs to be improved, it is asked to the author, with the appropriated suggestions, in order to do the required corrections and re-submitting the article; if the article fulfills the required conditions, it will pass to the stage of evaluation by academic peers.

Articles submitted must follow the basic rules that the journal establishes in essential aspects such as headlines, article length, paragraph size, bibliographical citations, nomenclatures, the proportion of tables and Figures, the presentation of the results or the bibliographic citations. Authors are requested to take as reference the template guide to accomplish the next minimum requirements, template that can be downloaded from the magazine website:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/uploads/Plantilla-Manuscrito.doc>.

a. Article form aspects

- Size of the sheets and margins: The articles should be presented on letter-sized sheets (21.59 cm × 27.94 cm), with margins of 2 cm on each side and on one column.
- Maximum article length: Eight pages using the journal's downloadable format.
- Fonts: Arial Letter, size 10.

- Paragraphs: Single line spacing, with one space between paragraphs.
- Numbering of titles and headings. In multilevel lists with arabic numerals up to sub-level 3.

b. Article content aspects

- Abstract: Must be presented in English and Spanish (*Resumen*), with no more than 200 words in each language.
- Keywords: Must be presented in English and Spanish (*Palabras Clave*). Include up to five keywords in alphabetical order, separated by semicolons.
- Manuscript body: Include introduction, methodology, development (evidencing the engineering area), results, conclusions and future works.
- Bibliography, citations and references: Bibliographic numbering according to IEEE format. All citations in the manuscript should be noted in the REFERENCES (Bibliography). There should be no isolated references that are not cited within the body of the manuscript.

Special care must be taken in the organization and structure of the work, in writing style, in the presentation of the results in Tables and Figures and in the correspondence between the cited references and those listed at the end of the article. In addition, it is important not forgetting the adjustment of the language to an international environment, typical of the scientific and professional community, beyond the languages of each country or the area in which the article is produced.

The graphics used must be originals and if this is not the case, the author must have the appropriate permission to use it. These can be sent in separate files, with JPG, PNG or GIF extension, with high resolution.

Evaluation and arbitration process

Each article sent to *Lámpsakos* journal, to be considered publishable, is evaluated by a committee of academic peer referees, with recognized experience in the field to which the article belongs. At the time of sending the manuscript, the journal may request suggestions for the possible reviewers, provided that the opinion process for each edition requires anonymity.

Once established that the article meets the requirements of relevance, originality, form, structure and basic writing, it is sent to the most academic experts in the area of the article, which determine in Anonymous form, the scientific quality, originality or novelty, relevance and practical value of the work, under the Double Blind modality, that is, the information of the authors is confidential for the peers, and vice versa.

The reviser peers register his verdict in an online format, according to: if the article shows a new and important contribution to knowledge (novelty); the objectives are reached; the problem proposed are clear; the conclusions are related to the objectives; the argument is clear and coherent, supporting the conclusions; the article presents valid previous antecedents and studies; is convincing, without significant omissions and errors; with a clear title and a summary according to the content; with an adequate and sufficient keywords; total length of the article within the limits; appropriated and correct references, consistent with the content and with the cites within the body of the document; and finally with their validation according to their expertise and experience in the area for which they were selected as an evaluator.

The reviser pairs can give their verdict as: a) publish without changes; b) publish when the minor corrections are fulfilled; c) publish once major corrections have been made; d) reject. Additionally, each peer classifies the article according to its type: Article of scientific and technological research, Article of critical analysis, Article of review, or other type. The final decision to publish the article and its classification is defined according to the verdict of the majority of the assigned evaluators. If the majority of the peers consider that the article is "rejected", the journal communicates the decision to the author and sends, as support, the result of the evaluations delivered by the referees.

As the peers are giving their verdict, in the event that this was, publishable with major or minor corrections, it is informed to the author, with the delivery period time limit, in order to he make the corrections required. After making the corrections, the article will be send back to the peer that requested to review it again in a second round so that he validates that the corrections are acceptable, and determine if the article is publishable without another additional changes. It could be several rounds of correction, until the peer be satisfied with the changes. The notification of acceptance or rejection of the article is made via e-mail. The report is issued to the authors after the peer revisors dictaminates their

final verdict. This process can take two months or more, depending on the theme, ease of obtaining peer revisors and the availability of time of them. Their final verdict is not appealable in all cases.

In general, the most valued points are the coherence and relevance of collaboration for the development of academic and professional knowledge of science. It is necessary to keep in mind that each type of work has its own textual and conceptual structure, depending on the contribution and the possible readers.

Property and Copyright

The author or authors accepts the editorial policies of *LAMPSAKOS* journal and the guidelines, giving their patrimonial rights to the journal and to the institution, Luis Amigó Catholic University, so that their article and materials can be publicly communicated, reproduced, edited, fixed, transmitted and published nationally and / or internationally, distributed in the number of copies required, in any medium in each of its modalities, printed, electronic, optical or any other technology for exclusively scientific, cultural, dissemination and non-purpose profit. The works published in the journal, without exceptions, abide the rules of Copyleft and Creative Commons, since the publication is freely distributed for the knowledge and can be reproduced by any means, mentioning the source.

Each article is accompanied by a declaration of originality, stating that it has not been published previously and that it will not be submitted simultaneously to other publications before knowing the decision of the Editorial Committee.

The opinions and statements that appear in the article reflects exclusively the views of its authors and do not necessarily compromise the policies and thinking of the Catholic University Luis Amigó, the Faculty of Engineering and Architecture or the *Lámpsakos* journal.

Ethics Terms

- Based on guidelines from international organizations such as the Publication Ethics Committee (COPE), *Lámpsakos* journal complies with the following ethical principles:

- The Editorial Commission, for the transparency of the processes, will guarantee the academic quality of the journal.
- It is considered rejection causes: plagiarism, adulteration, invention or falsification of contents and author data, or that the article are not original and unpublished.
- The directives of the *Lámpsakos* journal never will require to the author to cite or publish articles with a conflict of interest.
- The Editor, Committees and Evaluators may freely express their opinion on the feasibility of the publication of the article.
- The editorial decisions will be informed to the authors in a timely manner, in respectful terms and seeking mutual learning.
- The editor will ensure the mutual anonymity of the writers and peers during the evaluation process.
- The writer must respect the national and international laws of Copyright and Protection of Minors.
- In case of doubt or dispute of authorship and co-authorship, the editing and publication process will be suspended until it is resolved.
- The journal is distributed under an International Creative Commons Attribution-Noncommercial-ShareAlike 4.0 License.
- Once the article was published: 1) If the author discovers fundamental errors that violate the quality or the scientificity, he could request its elimination or correction. 2) If a third party detects the error, it is the obligation of the author to retract immediately and it will be proceeding with the removal or public correction.
- All complaints will be received by email (lampsakos@funlam.educ.co) and the maximum response time will be five business days after receiving the complaint.

La contribución debe enviarse únicamente mediante el OJS:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/>
lampsakos@funlam.edu.co

Universidad Católica Luis Amigó

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Transversal 51A N° 67B - 90. Medellín, Antioquia - Colombia

Tel: (574) 448 76 66

www.funlam.edu.co