

CIENCIA Y PODER AÉREO

Revista Científica de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-94688



VOL. 13 | ENERO-JUNIO 2018 | Pp. 1-150



Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
Institución Universitaria • Resolución 1906 MEN, Agosto de 2002



Fuerza Aérea Colombiana



Escuela de Postgrados FAC

CIENCIA Y PODER AÉREO

Revista Científica de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468



VOL. 13 n.º 1 | ENERO-JUNIO 2018 | Pp 1-150



Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

Colombian Air Force Postgraduate School
Escola de Pós-graduação da Força Aérea Colombiana

Director

CR. Javier Neira Peraza

Subdirector General

CR. Miguel Enrique Restrepo Cabrera

Comandante Escuadrón Grupo Académico

CR. Martín Fernando Zorrilla Rodríguez

Comandante Escuadrón de Educación Superior

TC. Juan Carlos Hernández Deckers

Comandante Escuadrón de Investigación

TC. Wilson Augusto Jaramillo García

Comandante Escuadrón de Extensión e Internacionalización

TC. Fernando Hedin Vargas Aponte

REVISTA CIENCIA Y PODER AÉREO

Journal Science and Air Power
Revista Ciência e Poder Aéreo

Director / Diretor / Director

TC. Wilson Augusto Jaramillo García

Editor / Editor / Editor

Mg. Erika Juliana Estrada Villa

Coordinación editorial / Editorial coordination / Coordenação editorial

María Carolina Suárez Sandoval

Traducción / Tradutor / Translator

Marco Giraldo B., Nayibe Lara

Revisión de textos / Revisão de textos / Text

Juan Carlos Velásquez Sánchez

Fotografías / Fotografias / Photographs

Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana

Diseño de cubierta y páginas interiores /

Desing / Desenho

Patricia Montaña D.

Alexandra Romero C.

Versión digital y OJS / Digital version and OJS

/ Versão digital e OJS

Biteca Ltda.

VOL. 13 n.º 1 | ENERO-JUNIO 2018 Pp 1-150

Periodicidad semestral

Comité editorial / Editorial Board / Comitê editorial

CR. Lina María Sánchez Rubio, PhD.

Universidad Nacional de Colombia.
Centro de Medicina Aeroespacial Fuerza Aérea Colombiana (Colombia)

Eduardo Pastrana Buelvas, PhD.

Universität Leipzig, Alemania.
Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales, Pontificia Universidad Javeriana (Colombia)

Hernán Dario Cerón-Muñoz, Post PhD.

Cranfield University, Inglaterra.
Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos (Brasil)

Juan Vicente Balbaste Tejedor, PhD.

Departamento de Comunicaciones
Universidad Politécnica de Valencia (España)

Sergio Tobón Tobón, PhD.

Universidad Complutense de Madrid, España.
Centro Universitario CIFE (México)

Comité científico / Scientific Board / Comitê científico

Juan Pablo Casas Rodríguez, PhD.

Loughborough University, Inglaterra.
Universidad de Los Andes (Colombia)

Yolanda M. Guerra, Post PhD.

University of Wisconsin-Madison, United States.
Universidad Santo Tomás, Colombia.
Universidad Militar Nueva Granada (Colombia)

Álvaro Joffre Uribe Quevedo, PhD.

Universidad Estatal de Campinas, Brasil.
Universidad Militar Nueva Granada (Colombia)

Rafael Ignacio Pérez Uribe, PhD.

Universidad Antonio de Nebrija, España.
Escuela de Administración de Negocios EAN (Colombia).

Leonardo Juan Ramírez López, PhD.

Universidade Mogi das Cruzes, Brasil.
Universidad Militar Nueva Granada (Colombia)

Pares académicos / Academic Peers / Pares acadêmicos

Andrés De Castro García, PhD.

Universidad Técnica del Norte UTN.
Ibarra, Ecuador

Álvaro Fernando Moncada Niño, PhD.

Colegio de Estudios Superiores de Administración.
Bogotá, Colombia

Carlos Alberto Vargas Jiménez, Ph.D.

Universidad Nacional de Colombia.
Bogotá, Colombia

César Augusto Niño González, Ph.D.

Universidad Sergio Arboleda.
Bogotá, Colombia

David Vinicio Carrera Villacrés, PhD

Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
Sangolquí, Ecuador

Didier Arnulfo Santiago Franco, Mg.

Universidad de los Andes.
Bogotá, Colombia

Fabio Alejandro Merchán Rincón, MSc (c)

Universidad de San Buenaventura.
Bogotá, Colombia

Juan Carlos Echeverri Álvarez, Dr.

Universidad Pontificia Bolivariana.
Medellín, Colombia

Julián Sierra Pérez, PhD.

Universidad Pontificia Bolivariana.
Medellín, Colombia

Julio Enoc Parra Villamarín, MS. (c)

Aeronáutica Civil.
Bogotá, Colombia

Liliana González Palacio, Dr.

Universidad de Medellín.
Medellín, Colombia

Luis Guillermo Vásquez Z., Phd. MD

Universidad Internacional del Ecuador.
Quito, Ecuador

Mario Luis Perossa, Mg.

Universidad Maimónides.
Buenos Aires, Argentina

Rubén Darío Salazar Buitrago, Mg.

Universidad de San Buenaventura.
Bogotá, Colombia

Saulo Alfredo Gómez Salcedo, PhD (c).

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil.
São José dos Campos – São Paulo (Brazil)

Tania Gabriela Rodríguez Morales, Dr.

Universidad Santo Tomás.
Bogotá, Colombia

Para suscripciones o canjes, dirijase a:

Ciencia y Poder Aéreo / Ciência e Poder Aéreo / Science and Air Power
cienciaypoderaereo@gmail.com (057-1) 637 8927 – 6206518 Ext. 1719, 1722.
Biblioteca Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. biblioteca@epfac.edu.co

Para mayores informes:

Dirección postal / Endereço postal / Mailing Address
Cra. 11 No. 102-50 Edificio ESDEGUE, Departamento de Investigación. Oficina 411. A.A.110111. Bogotá D.C., Colombia. Teléfonos (057-1) 637 8927 – 6206518. Ext. 1700, 1719, 1722. www.publicacionesfac.com

CIENCIA Y PODER AÉREO

Revista científica de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468

La revista científica Ciencia y Poder Aéreo es una publicación anual de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Su objetivo es contribuir a la difusión de los resultados de investigación y demás producción intelectual con especial énfasis en Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica, Gestión y Estrategia, Tecnología e Innovación, Educación y TIC; que busca contribuir al desarrollo tecnológico y científico, generando nuevo conocimiento y propiciando espacios de discusión y reflexión.

Misión

La revista Ciencia y Poder Aéreo está concebida como el órgano de divulgación científica que incluye artículos: científico original, de reflexión, revisión, artículos cortos y reportes de caso; inéditos, con alta calidad académica y rigurosidad científica, relacionados con temas de Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica, Gestión y Estrategia, Tecnología e Innovación, Educación y TIC; estos artículos son presentados ante la comunidad científica, nacional e internacional con el propósito de dar a conocer y divulgar los nuevos avances y aplicaciones del sector aeroespacial, así como aportes significativos al campo de las ciencias sociales y exactas.

Visión

La revista Ciencia y Poder Aéreo se concibe como uno de los principales medios de divulgación de conocimiento para el sector aeroespacial en el campo de la ingeniería, la administración, como en las ciencias sociales y humanas, con artículos originales e inéditos basados en resultados de actividades académicas, investigativas y profesionales que den cuenta de su impacto para la ciencia, tecnología e innovación. Asimismo, desea ser altamente consultada y reconocida en el medio académico, científico y empresarial a nivel nacional e internacional del sector aeroespacial, siendo parte de las bases de datos e índices más relevantes del mundo, ratificando así la calidad de la publicación y el interés por la difusión del conocimiento.

Público

La revista Ciencia y Poder Aéreo está dirigida a la comunidad científica nacional e internacional, estudiantes, profesores, investigadores; miembros de las Fuerzas Militares y de la Policía Nacional; sector aeroespacial.

Política Editorial

Dentro de la política editorial de la revista Ciencia y Poder Aéreo se incluye un aparte dirigido a la ética frente a las responsabilidades del autor, del árbitro y el proceso de evaluación, así como del proceso editorial.

Ética de la Revista

Los artículos presentados a la revista deben ser originales e inéditos y estos no deben estar simultáneamente en proceso de evaluación ni tener compromisos editoriales con ninguna otra publicación. Si el manuscrito es aceptado, el Editor espera que su aparición anteceda a cualquier otra publicación total o parcial del artículo. Cuando la revista tiene interés de publicar un artículo que ya ha sido previamente publicado, el autor deberá solicitar la autorización correspondiente a la editorial que realizó la primera publicación y dirigirla al Editor.

Reserva de Derechos

Está permitida la reproducción total o parcial de los artículos para uso personal o con fines académicos e investigativos, siempre y cuando se haga la respectiva cita y referencia al artículo, autor(es), y a la revista científica Ciencia y Poder Aéreo de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.



SCIENCE AND AIR POWER

Scientific Journal of the Colombian Air Force Postgraduate School

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468

The scientific journal Science and Air Power is an annual publication of the Colombian Air Force Postgraduate School. Its goal is to contribute with the dissemination of research results and other types of intellectual production with special emphasis on Operational Safety and Aviation Logistics, Management and Strategy, Technology and Innovation, Education and ICT, with the aim to enrich the technological and scientific development, through new knowledge generation and promoting space for discussion and reflection.

Mission

The scientific journal Science and Air Power is conceived as a scientific spreading media that includes original scientific articles, reflection articles, reviews articles, short articles and case reports; unpublished, with high academic quality and scientific rigor, related with topics on Operational Safety and Aviation Logistics, Management and Strategy, Technology and Innovation, Education and ICT; these papers are introduced before the scientific community, national and international, with the goal to share and spread new progress and applications in the aerospace field, as well as significant contributions in the social and exact sciences.

Vision

The Science and Air Power journal is conceived as one of the main knowledge diffusion media for the aerospace sector in the field of engineering, management, as well as in the social and human sciences, with original and unpublished papers based in results of academic, research, and professional activities, that generate impact for science, technology and innovation. In the same way, it is expected to be highly consulted and recognized among the academic, scientific, and business community, on the national and international level of the aerospace field, being part of the most relevant data bases and indexes of the world, confirming the quality of the publication and the interest for knowledge spreading.

Audience

Science and Air Power scientific journal is addressed to the national and international scientific community, students, professors, researchers; members of the Military Forces and National Police; aerospace field.

Editorial Policy

Within the editorial policy of the Science and Air Power Journal it is included a component addressed to the ethics with respect to the responsibilities of the author, referee, evaluation process, as well as the editorial process.

Ethics Journal

Papers published on the journal must be original and unpublished and should not be simultaneously working towards publication with other publisher, neither should have editorial commitments with other publication. If the abstract is accepted, the editor expects that its publication will precede any other total or partial publication of the paper. When the journal is interested in publishing a previously published paper, the author should request authorization from the correspondent publisher on which the first publication was made and address it to the Editor.

Copyright

Total or partial reproduction of papers is allowed for personal use or for academic or research purposes, as long as the correspondent citation and reference are done to the paper, author(s), and to the Science and Air Power scientific journal of the Colombian Air Force Postgraduate School

CIÊNCIA E PODER AÉREO

Revista científica da Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468

A revista Ciência e poder aéreo é uma publicação anual da Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana. Tem como objetivo contribuir à divulgação dos resultados de investigação e demais produção intelectual com especial ênfase na Segurança operacional e a Logística aeronáutica, Gestão e Estratégia, Tecnologia e Inovação, Educação e; TIC, que busca contribuir com o desenvolvimento tecnológico e científico, gerando novos conhecimentos e promovendo espaços de discussão e de reflexão.

Missão

A revista Ciência e poder aéreo está concebida como um órgão de divulgação científica que inclui artigos: científico original, de reflexão, de revisão, artigos curtos e relatos de caso; inéditos, com alta qualidade acadêmica e rigor científico, relacionados com questões de Segurança Operacional e Logística Aeronáutica, Gestão e Estratégia, Tecnologia e Inovação, Educação e; TIC, estes artigos são apresentados à comunidade científica, nacional e internacional, a fim de dar a conhecer novos desenvolvimentos e aplicações na indústria aeroespacial, assim como contribuições significativas no campo das ciências sociais e exatas.

Visão

A revista Ciência e poder aéreo se concebe como um dos principais meios de disseminação de conhecimento no setor aeroespacial no campo da engenharia, a gestão e as ciências sociais e humanas, com artigos originais e inéditos baseados em resultados de atividades acadêmicas, investigativas e profissionais que dão conta dos impactos no campo da ciência, a tecnologia e a inovação. Da mesma forma, quer ser altamente consultada e reconhecida no meio acadêmico, científico e empresarial nacional e internacionalmente no campo aeroespacial, sendo parte das bases de dados e índices mais relevantes do mundo, confirmando assim a qualidade da publicação e o interesse pela disseminação do conhecimento.

Público

A revista Ciência e Poder Aéreo está dirigida à comunidade científica nacional e internacional, estudantes, professores, pesquisadores; membros das Forças Armadas da Polícia Nacional; sector e do sector aeroespacial.

Política Editorial

Dentro da política editorial da revista Ciência e Poder Aéreo, se inclui um apartado dirigido à ética face às responsabilidades do autor, o árbitro e o processo de avaliação, assim como o processo editorial.

Ética da Revista

Os artigos submetidos para publicação devem ser originais e inéditos e não devem estar simultaneamente em fase de avaliação ou ter compromissos de publicação com qualquer outro. Se o manuscrito for aceito, o Editor espera que sua aparição preceda qualquer outra publicação total ou parcial do artigo. Quando a revista tem interesse na publicação de um artigo que já foi publicado anteriormente, o autor deverá solicitar a autorização da editorial com que fez a primeira publicação e dirigi-la ao Editor.

Reserva de Direitos

É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos para uso pessoal ou para fins acadêmicos e investigativos, desde que se faça a respectiva citação e referência ao artigo, ao autor e à revista Ciência e Poder Aéreo da Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana.



Contenido Volumen 13 N°.1 Enero - Junio 2018

Ciencia y Poder Aéreo se encuentra disponible únicamente en formato electrónico y Open Access en las siguientes plataformas:

Sitio web:
www.publicacionesfac.com

Sistemas de Información:

Bases de Datos
Ebsco Hots
Fuente Académica Plus Collections
International Security & Counter-Terrorism Reference Center
Dialnet
Red de Bibliotecas Universitarias (REBIUN)

Directorios
Latindex
DOAJ

Presentación

- 7 *Presentation / Apresentação*
Coronel Javier Neira Peraza y Subteniente Abraham Ortiz Miranda

Editorial

- 16 *Editorial / Editorial*
Teniente Coronel Wilson Augusto Jaramillo García
Mg. Erika Juliana Estrada Villa

Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica

Operational Safety and Aviation Logistics / Segurança Operacional e Logística Aeronáutica

Caracterización y comparación del escaneo visual de pilotos expertos y novatos durante un aterrizaje VFR

- 26 *Description and Comparison of Visual Scanning in Beginner and Expert Pilots During a VFR Landings*
Caracterização e comparação da varredura visual de pilotos experientes e iniciantes durante uma aterragem VFR
José Luis Martínez

Manejo del ruido en las tripulaciones de la Fuerza Aérea Colombiana en las últimas dos décadas

- 46 *Management of Noise in Colombian Air Force Crew in the Last Two Decades*
Manejo do barulho nas tripulações da Força Aérea Colombiana nas últimas duas décadas
Luz Caputo Silva, María Alejandra Correa Guarín

Desarrollo de una metodología para calcular los niveles de emisiones contaminantes en motores de combustión interna alternativos

- 54 *Development of a methodology for calculating levels of pollutant emissions in alternative internal combustion engines*
Desenvolvimento de uma metodologia para calcular os níveis de emissões contaminantes em motores alternativos de combustão interna
Luisa Fernanda Mónico Muñoz, José Daniel Cabezas Paredes, Sebastián Buitrago Triana

Gestión y Estrategia

Management and Strategy / Gestão e Estratégia

La Seguridad Multidimensional y el Poder Aéreo: doctrinas de la OEA y Fuerza Aérea para fortalecer el desarrollo de la seguridad y la defensa. ¿Cuál es el nuevo panorama de Colombia?

- 72 *Multi-dimensional security and Aerial Power: OAS and Air Force Doctrines to Strengthen the Development of Security and Defense: What is Colombia's New Panorama?*
Segurança Multidimensional e o Poder Aéreo: doutrinas da OEA e da Força Aérea para fortalecer o desenvolvimento da segurança e a defesa. ¿Qual é o novo panorama da Colômbia?
David Barrero Barrero, Fabio Baquero Valdés, Andrés Gaitán Rodríguez

Tecnología e Innovación

Technology and Innovation / Tecnologia e Inovação

Aplicación del Internet de las Cosas en la salud: caso en la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

- 82 *Internet of Things in healthcare: Case in Chronic Obstructive Pulmonary Disease*
A Aplicação da Internet das Coisas na saúde: no caso na Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
Leonardo Juan Ramírez López, Andrés Fernando Marín López, Arturo Rodríguez García

Gamma Spectrometric Interpretations in Different Types of Soil Conditions – Geophysical Flight

- 94 *Interpretaciones espectrométricas Gamma en diferentes tipos de condiciones de suelo – vuelo geofísico*
Interpretações espectrométricas Gama em diferentes tipos de condições do solo - voo geofísico
Suze Nei Pereira Guimarães, Erick de Barros Camara e Igor Maurmann Guaragna

Implementación de sistema para la medición de fuerzas aerodinámicas en un túnel de viento subsónico

- 106 *Implementation of a system for the measurement of aerodynamics forces in subsonic wind tunnel*
Implementação do sistema para a medição de forças aerodinâmicas em um túnel de vento subsônico
Edgar Leonardo Gómez Gómez, Julio Enoc Parra Villamarin, Diego Armando Reyes Caballero, Johan Galindo, Eliana Zuluaga

Análisis de modelos de clústeres aeroespaciales más representativos a nivel mundial y su incidencia para el desarrollo del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca

- 114 *Analysis of Most Representative Aerospace Cluster Models Worldwide and Their Incidence for the Development of Valle del Cauca Aerospace Cluster*
Análise de modelos de clústeres de aeroespacial mais representantes a nível mundial e sua incidência para o desenvolvimento de Cluster Aerospace de Valle del Cauca
Wilson Estiven López, Diego Fernando Morante Granobles

Docencia y Educación

Teaching and Education / Ensino e Educação

Estrategias de enseñanza para la Cátedra de la Paz en estudiantes de secundaria a partir de las competencias ciudadanas

- 124 *Teaching Strategies for The Lectureship Of Peace In High School Students Through Citizenship Competence*
Estratégias de ensino para a Cátedra da Paz em estudantes do ensino médio com base em competências de cidadãos
Luz Mery Ojalora Rodríguez

Reseña

Review / Reseña

Libro: Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas

- 142 *Book: Meteorology Applied to Air operations safety*
Livro: Meteorologia aplicada à segurança das operações aéreas
Cristian Camilo Bautista Leon

Instrucciones para Autores



Presentación Excelsis epistemologiae

Conocimiento de altura: La Escuela de Postgrados FAC y su producción y difusión de conocimiento científico



Coronel Javier Neira Peraza
Director Escuela de Postgrados FAC

¿Qué es investigar? ¿Cuál es el objetivo de la investigación? En su edición tricentenario, y partiendo de su última actualización (año 2017), el Diccionario de la Lengua Española, creado por la Real Academia Española y la Asociación de Academias de la Lengua Española, nos otorga como semántica de la unidad lingüística investigar, como aquella actividad que se propone “indagar para descubrir algo”; una serie de “actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático, con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia”. Sin embargo, tal definición queda vacía y oblicua a la comprensión que se ejerce entre la rotación de ideas de las personas del común, no llegando a explicar la necesidad de la investigación, trayendo a menos toda epistemología, planteándolas como un mero excentricismo del pensamiento de unos cuantos.

Desde otro estadio de perspectiva, el profesor Gregorio Klimovsky (matemático y filósofo argentino) nos hace entrar en razón que la investigación y que a toda producción científica no solo se le debe respetar “de un modo abstracto en virtud del prestigio” que poseen las mismas en ciertas latitudes del mundo. Al ofrecer una mirada más amplia, la cual trasciende el simple hecho de relegarse a la identificación de la ciencia y la investigación con sus más burdas bases, las cuales son sus resultados y explicaciones. Klimovsky demuestra que aquellas son “esencialmente una metodología cognoscitiva y una peculiar manera de pensar acerca de la realidad”, en pocas palabras, son perspectivas con las cuales el humano puede abordar su trasegar existencial.

Como procesos para la gestación de “bienestar material y espiritual de la sociedad”, es que la investigación y la producción científica se han reglamentado como factores de calidad para el buen funcionamiento de las distintas instituciones de educación superior del país, entre ellas la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana - EPFAC. La comprobación y seguimientos a los aportes científicos que ha entregado la EPFAC a Colombia, coadyuvando así al crecimiento de su bien común, muy bien los ha registrado la consultora Sapiens Research Group.

Creadores de rankings, estudios, reportes y clasificaciones en los que se proponen analizar “las dinámicas de la educación e investigación de las educaciones media y superior del país”, Sapiens Research Group presenta como producto más relevante el ranking U-Sapiens. En dicha clasificación, se propone destacar las mejores instituciones de educación superior - IES colombianas, según los siguientes indicadores de investigación: número total de revistas indexadas en el índice bibliográfico nacional, número total de programas activos y que pueden recibir

estudiantes nuevos para maestrías y doctorados, y que cumplan con los criterios del Ministerio de Educación Nacional, finalmente, número total de grupos de investigación categorizados por Colciencias. Aquellas instituciones de educación superior que no cumplan con los anteriores tres criterios no pueden aparecer en el ranking U-Sapiens, mientras que aquellas que son relacionados en el mismo y desean continuar estando presentes, deben seguir cumpliendo los tres criterios exigidos por Sapiens Research Group para ser tenidas en cuenta, clasificando solo así a las mejores IES del país.

Es así que al cumplir con el tercer criterio de clasificación exigido por Sapiens Research Group, la Escuela de Postgrados ha merecido aparecer en el ranking de las mejores universidades en temas relacionados con la investigación. Según la publicación, en su décimo cuarta versión del ranking, de 352 instituciones de educación superior en Colombia, tan solo 102 de ellas se clasificaron con respecto a la versión anterior.

Como se mencionó anteriormente, este ranking es el encargado de clasificar las mejores instituciones de educación superior colombianas según indicadores de apropiación social del conocimiento. De allí que resalte el meritorio trabajo desarrollado por la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, ya que como se evidenció, no cualquier IES puede estar dentro de los ranking de Sapiens Research Group, complementando su éxito con el tipo de producción y difusión científica que le han merecido reconocimiento.

La EPFAC cuenta con cuatro grupos de investigación debidamente registrados y categorizados por Colciencias, con lo cual la Escuela de Postgrados FAC cumple de manera exitosa el indicador de grupos investigación exigido por Sapiens Research Group; donde según Colciencias, el Grupo de Investigación Ciencia y Poder Aéreo (CIPAER), el Grupo de Investigación en Electrónica y Tecnologías para la Defensa (TESDA) y el Grupo de Investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas y Administrativas (GICMA), presentan un reconocimiento y medición en categoría B, y el Grupo de Investigación Análisis en Contexto presenta un reconocimiento y medición en categoría C. Es así que la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana demuestra ser punta de lanza en la producción y difusión del conocimiento científico en Colombia.

No obstante, ninguno de estos grupos de investigación se sostendría si no fuera por el robusto andamiaje que la EPFAC ha constituido para poder brindar una excelente oferta de programas académicos de formación posgradual. Aunque pequeña, la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, cuenta con cuatro grandes maestrías que





Subteniente Abraham Ortiz Miranda
Investigador Escuela de Postgrados FAC

impactan directamente en el desarrollo del talento humano y del liderazgo de la Fuerza Aérea Colombiana en el ámbito del Poder Aéreo Nacional. Es así que la EPFAC se afianza como una institución de educación superior reconocida internacionalmente, lo anterior debido a la formación profesional que brinda en los campos aeronáuticos, contribuyendo de esta forma al liderazgo aeroespacial nacional a partir de los siguientes programas: maestría en Seguridad Operacional (MAESO), maestría en Logística Aeronáutica (MAELA), maestría en Dirección y Gestión de la Seguridad Integral (MADGSI) y maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas (MACMA). Con base en lo anterior, es que Sapiens Research Group considera a la EPFAC como una de las mejores IES del país, ya que esta cumple satisfactoriamente el segundo requisito necesario para pertenecer al ranking U-Sapiens.

Por tanto, el trabajo especializado que se desarrolla desde los distintos programas de formación posgradual y desde los múltiples grupos de investigación que componen y contiene la EPFAC, encuentran su cabida en la comunidad investigativa por medio de la revista indexada de difusión científica con la que cuenta la Escuela, la revista *Ciencia y Poder Aéreo*. Encargada de “publicar artículos originales e inéditos, resultados de investigaciones nacionales e internacionales, en el idioma español, inglés y portugués” que impacten directamente al desarrollo del sector aeroespacial mundial, *Ciencia y Poder Aéreo* cuenta con 13 dossiers publicados. Los mismos han contado desde el inicio con un riguroso proceso de gestión editorial y evaluación por pares, lo cual ha dado como resultado que la revista haya adquirido reconocimiento en el ámbito aeronáutico militar nacional y regional.

Adicionalmente, la Dirección de la Escuela de Postgrados FAC recaba en que todo esto se ha dado de la mano de una excelente oferta de programas de posgrados y de un excelente talento humano capacitado a nivel maestría y doctorado, donde la institución ha dirigido también sus esfuerzos con iniciativas propias y externas con instituciones como Colfuturo y Fulbright, las cuales han seleccionado los mejores oficiales con base en sus méritos académicos y profesionales, brindándoles la oportunidad de estudiar, enseñar e investigar en reconocidas universidades de Estados Unidos y de Europa.

Es por esto que, a través de publicaciones indexadas y artículos sobre temas relacionados con seguridad y defensa, resultados de investigaciones tanto nacionales como internacionales en diferentes idiomas, se está trabajando en pro de una educación e investigación de calidad como herramienta del desarrollo del país, que hoy con todo orgullo presentamos.

Presentation Excelsis epistemologiae

Height Knowledge: Colombian Air Force Postgraduate School and its Scientific Knowledge Production and Difussion

What is to research? What is the purpose of researching? On its tercentenary edition, and having as a starting points its last update –year 2017–, the Spanish Real Academy Dictionary –created by the Spanish Real Academy and the Association of Spanish Language Academies– gives us as meaning of the concept *research* as that activity which intends to “inquiry to discover something”; a series of intellectual and experimental activities performed systematically with the purpose of increasing the knowledge on a given subject”. Nevertheless, such a definition remains empty and glancing to the comprehension that ordinary people have and does not explain the need to investigate, which minimizes any epistemology and puts research as a mere eccentricity of the thought of few people.

From another perspective, professor Gregorio Klimovsky (Argentinean mathematician and philosopher) tells us that research, as well as any scientific production, is due respect “in an abstract way by virtue of prestige”, and owned in certain latitudes around the globe. When offering a wider glance, which transcends the simple fact of overshadowing under the identification of science and research at their rawest bases, i.e. results and explanations, Klimovsky demonstrates that those are “essentially a cognitive methodology and a peculiar manner to think about reality. In a nutshell, those are perspectives with which a human being can assume their existential wanderlust.

As processes for the generation of “material and spiritual wellness of society”, research and scientific production have been set up as quality factors for the right functioning of Colombia’s diverse higher education institutions, and among them *Escuela de Posgrados de la Fuerza Aerea Colombiana* –Colombian Air Force Postgraduate School, EPFAC. The verification and follow-up to the scientific contributions that EPFAC has given to Colombia, thus helping to the growth of the country’s common good, have been widely registered by the consulting company Sapiens Research Group.

As creators of rankings, studies, reports and classifications that intend to analyze “the dynamics of education and research of middle and higher education in the country”, Sapiens Research Group presents as their most relevant





product their U-Sapiens Ranking. In that classification, Sapiens Research Group intends to highlight the best Colombian Higher Education Institutions according to the following research indicators: Total number of indexed journals in the National Bibliographic Index, total number of active programs and programs that accept new students for master's and Ph.D. programs and that meet the requirements set by the National Ministry of Education, and finally, the total number of research groups categorized by Colciencias. Those Higher Education Institutions that do not meet the former criteria cannot be added to the U-Sapiens ranking, whilst those that are mentioned on it and want to remain must keep on meeting the criteria demanded by the Sapiens Research Group to keep them in mind, which makes that only the best Higher Education Institutions appear in such ranking.

Thus, as a result of meeting the third classification criteria demanded by the Sapiens Research Group, EPFAC has deserved to appear in the ranking of best universities in topics related to research, according to the consulting group Sapiens Research. According to the publication on its fourteenth version of the ranking, only 102 out of 352 institutions were classified compared to the former version.

Not in vain, EPFAC counts on four research groups rightfully registered and categorized by Colciencias, successfully meeting the indicator of research groups demanded by the SRG. According to Colciencias, the research group Ciencia y Poder Aéreo (Science and Aerial Power, CIPAER), the research group in Electronics and Defense Technologies (TESDA), and the research group in Aeronautic Military and Management Sciences (GICMA) show acknowledgement and classification in Category B, and the research group Analysis in Context shows acknowledgement and classification in Category C. In such a sense, EPFAC demonstrates to be paramount in the production and diffusion of the scientific knowledge in Colombia.

Nevertheless, none of these groups will be sustainable without the robust scaffolding that EPFAC has built up in order to provide an excellent offer of graduate academic programs. Although small, Colombian Air Force Postgraduate School counts on four great master's programs that impact directly on the development of the human talent and the leadership of the Colombian Air Force in the context of the national aerial power. In such a way, EPFAC strengthens in the way of a Higher Education Institution recognized worldwide due to the professional education that offers in aeronautic fields, contributing in such a way to the national aerospace leadership by means of these programs: Master's in Operational Security (MAESO), Master's in Aeronautic Logistics (MAELA), Master's in Direction and Management of Integral Security (MADGSI), and Master's in Aeronautic Military Sciences (MACMA). Based on that, Sapiens Research Group considers EPFAC as one of the best Higher Education Institutions in the country, as it successfully meets the second requirement needed to belong to the U-Sapiens ranking.

In consequence, the specialized work that is developed from the diverse programs of graduate education and from the multiple research groups that make up EPFAC finds its place in the research community by means of the indexed journal of scientific dissemination the school counts on: Science and Air Power. This journal has the mission of "publishing original and unpu-

blished articles that are the result of national and international research, in Spanish, English, and Portuguese”, that have an impact on the development of the world aerospace field, and has 13 issues published by now. Those have counted from the beginning on a very strict publishing management process and pair evaluation, which gives as a result the acknowledgement of the journal at national and international levels.

In addition, the Direction of the EPFAC highlights that these results have been reached with the support of an excellent offer of graduate programs and equally outstanding human talent awarded with master’s and Ph.D. degrees. The institution has addressed its efforts with its own initiatives as well as with external institutions like Colfuturo and Fulbright, which have chosen the best officers based on their academic and professional achievements, offering to them the opportunity to study, teach, and research in prestigious universities in the United States and Europe.

Because of this, and by means of indexed publications and articles on topics concerning security and defense, products of national and international research in several languages, we keep on working for the sake of a high quality education and investigations as tools for the development of the country; investigations and education that we proudly present today.

Colonel Javier Neira Peraza

Director – Colombian Air Force Postgraduate School

Second Lieutenant Abraham Ortiz Miranda

Researcher - Colombian Air Force Postgraduate School





Apresentação *Excelsis Epistemologiae*

Conhecimento de Altura: A Escola de Pós-graduação FAC e sua Produção e Divulgação do Conhecimento Científico

O que é pesquisar? Qual que é o objetivo da investigação? Em sua edição tricentenário, e a partir de sua última atualização (no ano de 2017), o Dicionário da Língua Espanhola, criado pela Real Academia Espanhola e pela Associação de Academias da Língua Espanhola, nos concede como semântica da unidade linguística investigar, como aquela atividade que se propõe “investigar para descobrir algo”; uma série de “atividades intelectuais e experimentais de forma sistemática com o objetivo de aumentar o conhecimento sobre um determinado assunto”. No entanto, tal definição fica vazia e oblíqua ao entendimento que é exercido entre a rotação de ideias das pessoas comuns, nem mesmo explicando a necessidade de pesquisa, derrubando toda a epistemologia, considerando-as como mera excentricidade do pensamento de alguns quantos.

Desde outra perspectiva, o professor Gregorio Klimovsky (matemático e filósofo argentino) nos faz ver a razão de que a pesquisa e que toda produção científica não somente deve ser respeitada “de maneira abstrata em virtude do prestígio” que elas têm as mesmas em certas latitudes do mundo. Ao oferecer uma visão mais ampla, que transcende o simples fato de relegar-se à identificação da ciência e da pesquisa com seus fundamentos mais crus, os quais são seus resultados e explicações, Klimovsky demonstra que eles são «essencialmente uma metodologia cognitiva e uma maneira peculiar de pensar respeito da realidade”, em poucas palavras, são perspectivas com as quais o humano pode se aproximar de sua caminhada existencial.

Como processos para a gestação do “bem-estar material e espiritual da sociedade”, é que a pesquisa e a produção científica têm sido reguladas como fatores de qualidade para o bom funcionamento das diferentes Instituições de Ensino Superior no país, incluindo a Escola de Cursos de Pós-graduação da Força Aérea Colombiana - EPFAC-. A verificação e os monitoramentos das contribuições científicas que a EPFAC tem entregado à Colômbia, contribuindo assim para o crescimento de seu bem comum, têm sido muito bem registrados pela consultoria Sapiens Research Group.

Criadores de rankings, estudos, relatórios e classificações que propõem-se analisar “as dinâmicas de ensino e pesquisa da educação secundária e superior no país”, Sapiens Research Group apresenta como o produto mais relevante o Ranking U-Sapiens. Em dita classificação, Sapiens Research Group tem como objetivo destacar as melhores instituições de Ensino Superior -IES- colombianas de acordo com os seguintes indicadores de pesquisa: Número total de revistas indexadas no Índice Bibliográfico Nacional, Número Total de Programas Ativos e que podem receber novos alunos Mestrados e Doutorados, e que atendam aos critérios do Ministério da Educação Nacional, e, finalmente, Número Total de Grupos de Pesquisa Categorizados por COLCIENCIAS. Aquelas Instituições de Ensino Superior que não satisfazam

com os três critérios acima mencionados não podem aparecer no ranking U-Sapiens, no entanto que aqueles que estão relacionados na mesma e desejam continuar a estar presente, devem continuar a satisfazer os três critérios exigidos pelo Sapiens Research Group para poder ser levados em conta, classificando somente as melhores IES do País.

É assim que, ao cumprir com o terceiro critério de classificação exigido pelo Sapiens Research Group, a Escola de Pós-Graduação tem merecido aparecer no ranking das melhores universidades em disciplinas relacionadas à pesquisa, segundo com a empresa de consultoria Sapiens Research Group. Onde de acordo com a publicação, em sua décima quarta versão do Ranking de 352 instituições de Ensino Superior na Colômbia, apenas 102 delas foram classificadas em relação à versão anterior.

Como foi mencionado acima, este ranking é o responsável por classificar as melhores instituições de ensino superior colombianas de acordo com indicadores de apropriação social do conhecimento. Daí que destacam o trabalho meritório desenvolvido pela Escola de Pós-Graduação da Força Aérea da Colômbia, pois, como se viu, não é qualquer IES que pode estar dentro dos rankings do Sapiens Research Group, complementando seu sucesso com o tipo de produção e divulgação científica que lhe mereceram reconhecimento.

Não em vão, a EPFAC conta com quatro grupos de pesquisa devidamente cadastrados e categorizados por COLCIENCIAS, com os quais a Escola de Pós-Graduação FAC atende com sucesso o indicador de grupos de pesquisa exigido pelo Sapiens Research Group; onde, segundo COLCIENCIAS, o Grupo de Pesquisa Ciência e Poder Aéreo (CIPAER), o Grupo de Pesquisa em Eletrônica y Tecnologías para a Defesa (TESDA), o Grupo de Pesquisa de Ciências Militares Aeronáuticas e Administrativas (GICMA) apresentam um reconhecimento e medição em Categoria B, e o Grupo de Pesquisa Análise em Contexto apresenta um reconhecimento e uma mensuração na Categoria C, de modo que a Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana prova ser uma ponta de lança na produção e divulgação do conhecimento científico na Colômbia.

No entanto, nenhum desses grupos de pesquisa fosse se sustentar se não fosse pelo robusto arcabouço que a EPFAC tem montado para oferecer uma excelente gama de programas acadêmicos de formação de pós-graduação. Embora pequena, a Escola de Pós-Graduação da Força Aérea da Colômbia dispõe de quatro grandes mestrados que impactam diretamente no desenvolvimento do talento humano e na liderança da Força Aérea Colombiana no campo do Poder Aéreo Nacional. É assim que a EPFAC estabeleceu-se como uma Instituição de Ensino Superior reconhecida internacionalmente: o que precede é devido à formação profissional oferecida nos campos aeronáuticos, contribuindo assim, desta maneira, para a liderança aeroespacial nacional a





partir dos seguintes programas: Master de Segurança Operacional (MAESO), Mestre em Logística Aeronáutica (MAELA), Mestrado em Gerenciamento e Gestão da Segurança Integral (MADGSI) e Mestrado em Ciências Militares Aeronáuticas (MACMA). Com base no exposto acima, é que o Sapiens Research Group considera a EPFAC como uma das melhores IES do país, uma vez que dá cumprimento satisfatoriamente ao segundo requisito necessário para pertencer ao Ranking U-Sapiens.

Portanto, o trabalho especializado que é desenvolvido a partir dos diferentes programas de formação de pós-graduação e desde os múltiplos grupos de pesquisa que compõem e contêm o EPFAC, encontram seu lugar na comunidade de pesquisa através da revista indexada de divulgação científica com a qual conta a Escola, a revista Ciência e Poder Aéreo. Responsável esta por “publicar artigos originais e inéditos, resultados de pesquisas nacionais e internacionais em espanhol, inglês e português” que impactam diretamente no desenvolvimento do setor aeroespacial mundial, Ciência e Poder Aéreo tem 13 dossiês publicados. Estes tem tido desde o início um rigoroso processo de gerenciamento editorial e avaliação por pares, o que resultou no reconhecimento da revista no campo aeronáutico militar nacional e regional.

Além disso, a Gerência da Escola de Pós-Graduação FAC entende que tudo isso foi acompanhado por uma excelente oferta de programas de pós-graduação e de um excelente talento humano treinado nos níveis de mestrado e doutorado, onde a instituição também direcionou seus esforços com iniciativas próprias e externas com instituições como Colfuturo e Fulbright, as quais selecionaram os melhores oficiais com base em seus méritos acadêmicos e profissionais, dando-lhes a oportunidade de estudar, ensinar e pesquisar em universidades reconhecidas dos Estados Unidos e da Europa.

É por isso que, através de publicações indexadas e artigos sobre temas relacionados à segurança e defesa, resultados de pesquisas tanto nacionais como internacionais em diferentes idiomas, estamos trabalhando para obter uma educação e pesquisa de qualidade como uma ferramenta para o desenvolvimento do País, que hoje nós orgulhosamente apresentamos.

Coronel Javier Neira Peraza

Diretor da Escola de Pós-Graduação FAC

Segundo Tenente Abraham Ortiz Miranda

Pesquisador da Escola de Pós-Graduação da FAC

Editorial

La Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana - EPFAC, se complace en presentar a sus lectores el primer número de la revista científica *Ciencia y Poder Aéreo*, para el semestre en curso, la cual está compuesta de artículos científicos originales que describen de manera sistemática resultados originales derivados de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, así como artículos de reflexión, revisión, artículo corto y reporte de caso. Los artículos se encuentran ubicados en cada una de las secciones que se describen a continuación:

En la sección **Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica** se incluyen tres artículos, en el primero de ellos, *Caracterización y comparación del escaneo visual de pilotos expertos y novatos durante un aterrizaje VFR*, su autor, el My. José Luis Martínez, presenta los resultados experimentales de un proyecto de investigación, donde se realizó la caracterización y posteriormente la comparación de los patrones de escaneo visual de un grupo de pilotos expertos y novatos en la cabina de un simulador de vuelo, durante los últimos dos minutos de la fase de aproximación y aterrizaje en condiciones visuales. Posteriormente, las autoras Luz Caputo y María Alejandra Correa, presentan los resultados de un estudio de revisión, donde se comparan los datos obtenidos en los diversos reportes durante 20 años, para observar los cambios presentados en la población durante este tiempo, con los programas implementados y su impacto en los tripulantes de la Fuerza Aérea de Colombia. En el artículo de los autores Luisa Fernanda Mónico Muñoz, Daniel Cabezas Paredes y Sebastián Buitrago Triana, se presenta un procedimiento que permite calcular teórica y preliminarmente los niveles de agentes contaminantes producidos por cualquier tipo de motor de combustión interna alternativo, con el fin de reducir los costos y recursos que trae consigo una prueba experimental para el mismo propósito.

Adicionalmente, la sección **Gestión y Estrategia**, cuenta con un artículo de los autores Cr. (RA) David Barrero Barrero, Cr. (RA) Fabio Baquero Valdés y Andrés Gaitán Rodríguez, en el cual se aborda la temática de la seguridad y defensa de las naciones desde la perspectiva de empleo del Poder Aéreo en Colombia, frente a los retos de la Seguridad Multidimensional. Para este propósito los autores aplicaron la metodología de revisión y análisis documental, lo que les permitió efectuar un examen comparativo de los elementos teóricos, conceptuales y prácticos del Poder Aéreo a partir de tres ejes temáticos específicos.

En la tercera sección, **Tecnología e Innovación**, primeramente, los autores Erick de Barros Camara, Suze Nei Pereira Guimarães e Igor Maurmann Guaragna, presentan un estudio comparativo de la calidad de la información geofísica radiométrica obtenida en condiciones húmedas y secas en terreno semiplano. En este trabajo,





Fokker F-28
Foto de TC. Juan Carlos
Hernandez Deckers

los autores resaltan la humedad del suelo como uno de los factores primarios que influyen directamente en las estadísticas de adquisición gamma, y en las condiciones de adquisición de vuelo para cada caso. El siguiente artículo, *Aplicación del Internet de las Cosas en la salud: caso en la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica* del autor Leonardo Juan Ramírez López, propone a través de su investigación la implementación del Internet de las Cosas como solución costo-efectiva para el monitoreo de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica - EPOC, mediante la medición constante de la temperatura corporal, saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca con sensores de bajo costo que permitan analizar y emitir alarmas de prevención temprana. Los autores Edgar Leonardo Gómez Gómez, Julio Enoc Parra Villamarín, Diego Armando Reyes Caballero, Johan Galindo y Eliana Zuluaga analizan los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento y el proceso de diseño e implementación del sistema de adquisición de datos aerodinámicos y la interfaz del usuario del túnel de viento subsónico realizado por el Grupo de Investigación Aeronáutica (G.IN.A), los cuales permiten hacer mediciones de las variables aerodinámicas, como son los coeficientes de sustentación y arrastre para el modelo que se encuentre en la sección de pruebas del túnel de viento en tiempo real. El artículo que cierra la sección recoge el *Análisis de modelos de clústeres aeroespaciales más representativos a nivel mundial, y su incidencia para el desarrollo del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca*, el cual ofrece un panorama de los clústeres aeroespaciales a nivel mundial, tomando como referencia los más representativos de Europa, Canadá, Estados Unidos y Latinoamérica. La reflexión de la información recopilada aporta herramientas potencialmente útiles para el desarrollo del clúster aeroespacial del Valle del Cauca, y a su vez contribuye al perfeccionamiento de su estructura organizacional, con el propósito de que se convierta en un sector competitivo importante para la economía del país.

Por otra parte, la sección **Docencia y Educación**, presenta un artículo de la docente Luz Mery Otálora Rodríguez, en el cual se formula una propuesta de estrategias desde las competencias ciudadanas, para que los estudiantes de secundaria puedan desarrollar habilidades y destrezas, ser capaces de relacionarse con los demás en la resolución de conflictos mediante el manejo y control de sus emociones, con el fin de fortalecer, en el nivel de la educación secundaria, los procesos de formación en derechos humanos, valores y principios democráticos dentro del contexto de la Cátedra de la Paz.

En la sección de **Reseñas**, Cristian Camilo Bautista León, Inspector de Meteorología Aeronáutica, lleva a cabo la presentación del libro *Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas* del autor Richard Humberto Cáceres León, el cual hace parte de la colección **Ciencia y Poder Aéreo** volumen 12, editado y publicado por la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea en el 2017.

En consecuencia, consideramos que los artículos que integran la decimotercera edición en su primer número de la revista *Ciencia y Poder Aéreo*, se constituyen en un valioso insumo para estudiantes y profesores universitarios, investigadores y profesionales del ámbito aeronáutico militar, propiciando a partir de su lectura reflexiva la motivación por integrar las diferentes temáticas desarrolladas al interior de cada documento, en pro del impacto

que buscamos con la divulgación del conocimiento.

Por último, no nos podemos despedir sin antes agradecer la colaboración de los autores quienes con sus contribuciones aportan a elevar la rigurosidad científica de la revista. También hacemos extensivo el agradecimiento al equipo de pares académicos, quienes con sus valiosas recomendaciones y sugerencias, permiten obtener una publicación con un alto nivel de calidad, acorde a las nuevas exigencias de los sistemas de indexación y resumen nacional e internacional. Así mismo, agradecemos la invaluable labor de nuestro Comité Editorial y Científico que nos acompañan desde números anteriores en esta noble labor.

Teniente Coronel Wilson Augusto Jaramillo García

Director Revista Ciencia y Poder Aéreo

Mg. Erika Juliana Estrada Villa

Editora





Editorial

The graduate school of Colombian Air Force –EPFAC– is pleased to present to the readers the first issue of the scientific journal *Ciencia y Poder Aéreo* for the current semester. This issue is made up by original scientific articles that describe systematically original results that are a product of research projects and/or technologic development, as well as reflection and revision articles, a short article, and a case report. Each of the articles is included in each of the sections described as follows:

In the section **Operational Security and Aeronautic Logistics**, three articles are included: the first one, *Description and comparison of visual scanning of beginner and expert pilots during a VFR landing*, major José Luis Martínez presents the experimental results of a research project in which it was made the description and later comparison of visual scanning patterns of a group of expert and beginner pilots in a flight simulator cabin during the last two minutes of the approximation and landing phases in visual conditions. Coming next, authors Luz Caputo and María Alejandra Correa present the results of a revision study in which they compare the data obtained in diverse reports during 20 years in order to observe the changes presented in the population during that time with the implemented programs and their impact in the Colombian Air Force crew. On the other hand, in the article by Luisa Fernanda Mónico Muñoz, Daniel Cabezas Paredes, and Sebastián Buitrago Triana, it is presented a procedure that allows to calculate theoretically and preliminarily the levels of pollutant agents produced by any type of intern combustion alternative engine with the purpose of reducing costs and resources that are brought by an experimental test for the same purpose.

Additionally, the section **Management and Strategy** includes an article by authors lieutenant colonel (RA) David Barrero Barrero, lieutenant colonel (RA) Fabio Baquero Valdes, and Andres Gaitan Rodríguez, in which the issue of the security and defense of nations from the perspective of the use of aerial power in Colombia is analyzed in the light of the multidimensional security. For this purpose, authors applied the methodology of document revision and analysis, which allowed them to perform a comparative test of theoretical, conceptual, and practical elements of the aerial power from three specific thematic axes.

In the third section, **Technology and innovation**, authors Erick de Barros Camara, Suze Nei Pereira Guimarães Igor Maurmann Guaragna present a comparative study of the quality of geophysical radiometric information obtained in moist and dry conditions in semi-flat terrain. In this work, authors highlight the moisture of the terrain as one of the primary factors that directly affect the statistics of gamma acquisition and the flight acquisition conditions for each case. The next article, *Internet of Things in healthcare: Case in Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, by author Leonardo Juan Ramirez Lopez proposes through his research the implementation of Internet of things as a cost-effective solution for monitoring the Chronic Obstructive Pulmonary Disease. by constantly measuring body temperature, oxygen sa-



turation, and heart rate with low-cost sensors that help to analyze and issue early detection alarms. Authors Edgar Leonardo Gómez Gómez, Julio Enoc Parra Villamarín, Diego Armando Reyes Caballero, Johan Galindo and Eliana Zuluaga analyze the results obtained from the functioning tests and the process of design and implementation of the aerodynamic data acquisition system and the wind subsonic tunnel user interface, made by the Aeronautic Research Group, which help measure aerodynamic variables, such as lift and drag coefficient for the model found in the section of wind tunnel test in real time. The closing article gathers the *Analysis of Most Representative Aerospace Cluster Models Worldwide and Their Incidence for the Development of Valle del Cauca Aerospace Cluster*, which offers a panorama of aerospace clusters worldwide, taking as a reference the most representatives from Canada, United States, and Latin America. The reflection of the information gathered provides with tools that are potentially useful for the development of the aerospace cluster in Valle del Cauca, and also contributes to the improvement of its organizational structure in order to make it become an important and competitive sector for the country's economy.

Finally, the section **Teaching and Education** presents an article by professor Luz Mery Otalora Rodríguez, in which it is stated a proposal of strategies from citizenship competences for high school students to develop skills and abilities, be capable of relate with others in conflict resolution by managing and controlling their emotions in order to strengthen, at secondary school level, processes of education in human rights, values, and democratic principles in the context of the lectureship of peace.

On the other hand, in the section **Reviews**, Cristian Camilo Bautista Leon, inspector of Aeronautic Meteorology, reviews the book *Meteorology Applied to Air operations safety*, by author Richard Humberto Caceres Leon, which makes part of the collection *Ciencia y poder aéreo*, vol. 12, edited and published by the graduate school of Colombian Air Force in 2017.

We consider that the articles that integrate the thirteenth edition, number one, of the journal Science and Air Power become a valuable input for students and university professors, researchers, and professionals of the military aeronautic context, which enhances –from the reflexive reading– the motivation for integrating the different topics developed in each article, in the benefit of the impact that we look for in the dissemination of knowledge.

Last but not least, we thank the collaboration of authors who, with their contributions, help to elevate the scientific rigor of the journal. We also thank the team of academic pairs who, with their valuable recommendations and suggestions, help to make a publication with the highest quality level in accordance with the new





demands of indexation and summarizing systems at national and international levels. Likewise, we thank the invaluable work of our editorial and scientific committee who accompany us, from former issues, in this noble job.

Lieutenant Coronel Wilson Augusto Jaramillo García

Director- Science and Air Power Journal

Mg. Erika Juliana Estrada Villa

Editor



Editorial

A Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana-EPFAC-, tem o prazer de apresentar aos seus leitores o primeiro número da revista científica *Ciência e Poder Aéreo*, para o semestre atual, que é composto de artigos científicos originais que descrevem de forma sistemática resultados originais derivados de projetos de pesquisa e/ou desenvolvimento tecnológico, bem como artigos de reflexão e revisão, artigo resumido e relatório de caso. Cada um dos artigos está localizado em cada uma das seções descritas a seguir:

Na Seção **Segurança Operacional e Logística Aeronáutica** são incluídos três artigos, no primeiro deles *Caracterização e comparação da varredura visual de pilotos experientes e iniciantes durante uma aterragem VFR*, seu autor, o Major José Luis Martínez apresenta os resultados experimentais de um projeto de pesquisa onde foi feita a caracterização e logo após, a comparação dos padrões de varredura visual de um grupo de pilotos experientes e iniciantes no cockpit de um simulador de voo durante os últimos dois minutos da fase de aproximação e aterragem em condições visuais. Posteriormente, as autoras Luz Caputo e Maria Alejandra Correa, apresentam os resultados de um estudo de revisão, onde são comparados os dados obtidos nos diversos relatórios durante 20 anos para observar as mudanças apresentadas na população durante este tempo com os programas implementados e seu impacto nos tripulantes da Força Aérea Colombiana. No artigo, dos autores Luisa Fernanda Mónico Muñoz, Daniel Cabezas Paredes e Sebastian Buitrago Triana apresenta-se um procedimento que permite calcular teórica e preliminarmente os níveis de poluentes produzidos por qualquer tipo de motor de combustão interna alternativo, a fim de reduzir os custos e recursos que vem com um teste experimental para o mesmo fim.

Além disso, a sessão de **Gerenciamento e Estratégia** tem um artigo dos autores CR. (RA) David Barrero Barrero, CR. (RA) Fabio Baquero Valdés e Andrés Gaitán Rodríguez, no qual se aborda o tema da segurança e defesa das nações a partir da perspectiva do uso do Poder Aéreo na Colômbia frente a os desafios da Segurança Multidimensional. Para este propósito, os autores aplicaram a metodologia de revisão e análise documental, que permitiu fazer um teste comparativo dos elementos teóricos, conceituais e práticos do Poder Aéreo a partir de três eixos temáticos específicos.

Na seção terceira, **Tecnologia e Inovação**, em primeiro lugar, os autores Erick de Barros Câmara, Suze Nei Pereira Guimarães e Igor Maurmann Guaragna, apresentam um estudo comparativo da qualidade da informação geofísica radiométrica obtida em condições úmidas e secas em solo semiplano. Neste trabalho, os autores destacam a umidade do solo como um dos principais fatores que influenciam diretamente nas estatísticas de aquisição gama e nas condições de aquisição de voo para cada caso. O seguinte artigo *Aplicação de Internet das Coisas na saúde: caso na Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica* do autor Leonardo Juan Ramirez Lopez propõe através de sua pesquisa a implementação do Internet das Coisas como solução de custo-eficaz para o monitoramento da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica-DPOC, através da constante medição da temperatura





corporal, saturação de oxigênio e frequência cardíaca com sensores de baixo custo que permitem analisar e emitir alertas de prevenção precoce. Os autores Edgar Leonardo Gómez Gómez, Julio Enoc Parra Villamarin, Diego Armando Reyes Caballero, Johan Galindo e Eliana Zuluaga analisam os resultados obtidos nas provas de funcionamento e o processo de desingn e implementação do sistema de aquisição de dados aerodinâmicos e a interface do usuário do túnel de vento subsônico realizado pelo Grupo de Investigación Aeronáutica (G.IN.A), os quais permitem fazer medições das variáveis aerodinâmicas, como são os coeficientes de sustentação e arrasto para o modelo que está na seção de provas do túnel de vento em tempo real. O artigo que fecha a seção inclui a *Análise de modelos de clusters aeroespaciais mais representativos a nivel mundial e o seu impacto para o desenvolvimento do Cluster Aeroespacial do Vale do Cauca*, o que proporciona uma visão geral dos clusters aeroespaciais a nível mundial, tomando como referência os mais representativos da Europa, Canadá, Estados Unidos e América Latina. A reflexão da informação coletada fornece ferramentas potencialmente úteis para o desenvolvimento do Cluster Aeroespacial do Vale do Cauca, e por sua vez contribui para a melhoria da sua estrutura organizacional, com vista a se tornar num sector competitivo importante para a economia do país.

Por último, a seção de **Ensino e Educação**, apresenta um artigo da professora Luz Mery Otálora Rodríguez, no qual é formulada uma proposta de estratégias a partir das competências cidadãs, para que os alunos do ensino médio possam desenvolver habilidades e aptidões, ser capazes de ter relacionamento com os outros na resolução de conflitos através da gestão e controle de suas emoções, com o objetivo de fortalecer, no nível do ensino médio, os processos de formação em direitos humanos, valores e princípios democráticos no contexto da Cátedra da Paz.

Por outro lado, na sessão de **Resenhas**, Cristian Camilo Bautista León, Inspetor de Meteorologia Aeronáutica, realiza a apresentação do livro “Meteorologia aplicada à segurança das operações aéreas” do autor Richard Humberto Cáceres León, o qual faz parte da coleção Ciência e Poder Aéreo Volume 12; editado e publicado pela Escola de Pós-Graduação da Força Aérea em 2017.

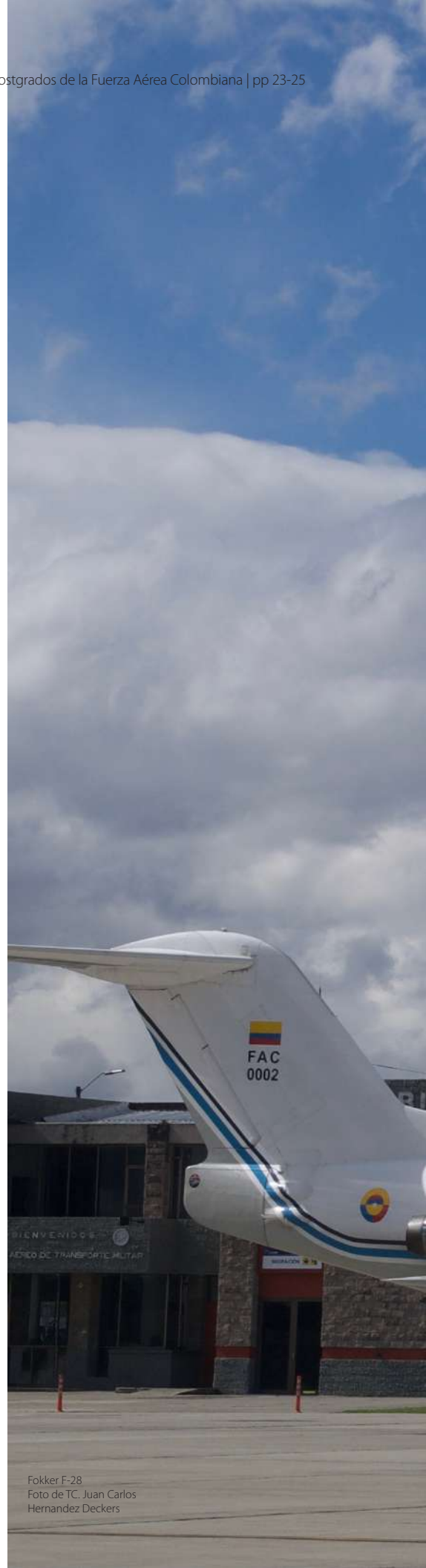
Consequentemente, consideramos que os artigos que compõem a décima terceira edição em seu premer número da Revista Ciência e Poder Aéreo, constituem-se num insumo valioso para estudantes e professores universitários, pesquisadores e profissionais do campo aeronáutico militar, propiciando a partir de sua leitura reflexiva a motivação para integrar os diferentes temas desenvolvidos dentro de cada documento, em pró do impacto que buscamos com a divulgação do conhecimento.

Finalmente, não pudemos nos despedir sem antes agradecer aos autores por sua colaboração que, com suas contribuições, aportam para elevar o rigor científico da Revista. Estendemos também nosso agradecimento à equipe de Pares Acadêmicos que, com suas valiosas recomendações e sugestões, permitem obter uma publicação com um alto nível de qualidade de acordo com as novas exigências dos sistemas de indexação e resumo

nacional e internacional. Da mesma forma, agradecemos o inestimável trabalho de nosso Comitê Editorial e Científico que nos acompanha a partir de números anteriores deste nobre trabalho.

Tenente-Coronel Wilson Augusto Jaramillo García
Diretor da Revista Ciência y Poder Aéreo

Mg. Erika Juliana Estrada Villa
Editora





FUERZA AEREA COLOMBIANA

ANA

AEREO DE TRA



CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DEL ESCANEO VISUAL DE PILOTOS EXPERTOS Y NOVATOS DURANTE UN ATERRIZAJE VFR¹

DESCRIPTION AND COMPARISON OF VISUAL SCANNING IN BEGINNER AND EXPERT PILOTS DURING A VFR LANDING²

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DA VARREDURA VISUAL DE PILOTOS EXPERIENTES E INICIANTES DURANTE UMA ATERRAGEM VFR³

José Martínez⁴

Centro de investigaciones en Tecnologías Aeroespaciales (CITAE). Cali, Colombia

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018/ Colombia /pp. 26-45

Recibido: 11/09/2017

Aprobado por evaluador: 13/03/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.584>



Resumen: Este artículo tiene como propósito divulgar los resultados experimentales de un proyecto de investigación donde se realizó la caracterización y posteriormente la comparación de los patrones de escaneo visual de un grupo de pilotos expertos y novatos en la cabina de un simulador de vuelo durante los últimos dos minutos de la fase de aproximación y aterrizaje en condiciones visuales. Se seleccionó de manera aleatoria a un grupo de integrantes de la escuela de aviación de la Universidad RMIT de Melbourne, Australia, durante el tercer trimestre del año 2016; asimismo, el experimento contó con un equipo de rastreo ocular Tobii2. El estudio fue de tipo cuantitativo ex post facto, el cual examinó hasta qué punto las variables independientes: "Experiencia del piloto" y "condiciones de vuelo" afectan las variables dependientes de interés relacionadas con las métricas obtenidas por el equipo de rastreo ocular. Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de estadística inferencial de tipo correlacional y de diferencias significativas. Se evidenció una correlación positiva entre la experticia del piloto y el número de visitas a determinados instrumentos de vuelo y áreas de la cabina, diferencias entre el tiempo empleado por los dos grupos en distribuir su atención visual fuera y dentro de la aeronave, así como variaciones entre el tiempo empleado en prestar atención a instrumentos primarios en condiciones de vuelo óptimas y degradadas. La investigación contribuye a la comprensión del proceso de monitoreo en la fase de aproximación y aterrizaje en condiciones visuales desde una perspectiva cuantitativa; adicionalmente, proporciona una serie de evidencias relacionadas con el proceso de escaneo de los pilotos dentro y fuera de la cabina en función de la experticia y condiciones de vuelo, que previamente no había sido abordado a través de esta metodología en un simulador de vuelo.

Palabras clave: alerta situacional, sistema visual, entrenamiento de vuelo, medición de factores humanos, equipo de rastreo ocular, áreas de interés, tiempo de atención visual.

Abstract: The purpose of this article is to publish the experimental results of a research project in which it was performed the characterization and posterior comparison of visual scan patterns in a group of beginner and expert pilots in the flight simulator cabin during the last two minutes of the approximation and landing phases in visual conditions. A group of participants from the aviation School of the RMIT University in Melbourne, Australia, was selected at random during the third quarter of 2016. Likewise, the experiment counted on a Tobii2 eye tracking device. This was a quantitative, ex post facto study, which examined until which point the independent variables of pilot experience and flight conditions affect dependent variables of interest concerning the metrics obtained by the eye tracking device. With the results obtained, statistical inference analysis of correlational type and of significant differences was performed. A positive correlation was shown between the pilot's expertise and the number of visits to specific flight instruments and cabin areas, differences between the time used by the two groups when distributing their visual attention inside and outside the aircraft, as well as variations between used in paying attention to primary instruments in optimal and degraded flight conditions. The research contributes to the comprehension of the monitoring process in the phase of approximation and landing in visual conditions from a quantitative perspective. In addition, it provides a series of evidences related to the scanning process of pilots inside and outside the cabin in terms of the expertise and flight conditions, which had not been previously managed by this methodology in a flight simulator.

Keywords: Situational Alert, Visual System, Flight Training, Human Factor Measurement, Eye Tracking Device, Areas of Interest, Visual Attention Time.

Resumo: O presente artigo tem como objetivo divulgar os resultados experimentais de um projeto de pesquisa onde foi realizada a caracterização e posteriormente a comparação dos padrões da varredura visual de um grupo de pilotos experientes e iniciantes no cockpit de um simulador de voo durante os dois últimos minutos da fase de aproximação e aterrissagem em condições visuais. Um grupo de membros da escola de aviação da Universidade RMIT de Melbourne, Austrália, foi selecionado aleatoriamente durante o terceiro trimestre de 2016; além disso, o experimento tinha um dispositivo de rastreamento ocular Tobii2. O estudo foi de tipo quantitativo ex post facto, o qual analisou em que medida as variáveis independentes: "Experiência do piloto" e "condições de voo" afetam as variáveis dependentes de interesse relacionadas às métricas obtidas pela equipe de rastreamento ocular. Com os resultados obtidos, foram realizadas análises de estatísticas inferenciais do tipo de correlação e de diferenças significativas. Resultados: Evidenciou-se uma correlação positiva entre a perícia do piloto e o número de visitas a certos instrumentos de voo e áreas da cabine, as diferenças entre o tempo gasto pelos dois grupos para distribuir sua atenção visual dentro e fora da aeronave, bem como variações entre o tempo gasto prestando atenção aos instrumentos primários em condições de voo ótimas e degradadas. A pesquisa contribui à compreensão do processo de monitoramento na fase de aproximação e aterrissagem em condições visuais a partir de uma perspectiva quantitativa; além disso, fornece uma série de evidências relacionadas ao processo de varredura dos pilotos dentro e fora do cockpit com base à experiência e condições de voo que não haviam sido abordadas anteriormente por meio dessa metodologia em um simulador de voo.

Palavras-chave: alerta situacional, sistema visual, treinamento de voo, medição de fatores humanos, equipamento de rastreamento ocular, áreas de interesse, tempo de atenção visual.

Para citar este artículo:

Martínez, J. (2018). Caracterización y comparación del escaneo visual de pilotos expertos y novatos durante un aterrizaje VFR. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 26-45. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.584>.

¹ Artículo científico original que recoge los resultados del trabajo de grado para aplicar al grado de maestría en Ingeniería Aeronáutica y Aviación. Este proyecto pertenece a la línea de investigación de seguridad operacional.

² Original scientific article that collects the results of a final degree work to be awarded the master's degree in Aeronautic Engineering and Aviation. This project belongs to the research line in operational security.

³ Artigo científico original que pega os resultados do trabalho de grau para aplicar ao mestrado em Engenharia Aeronáutica e Aviação. Este projeto pertence à linha de pesquisa de segurança operacional.

⁴ Administrador Aeronáutico, subdirector Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales CITAE. Correo electrónico: jose.martinezd@fac.mil.co.

Introducción

La categoría de vuelo de entrenamiento encargada de desarrollar las habilidades esenciales de pilotaje resulta ser la base fundamental para la adecuada preparación de las tripulaciones. Prácticas y procedimientos inadecuados surgen cuando brechas en el conocimiento aeronáutico se acumulan en la formación inicial, las cuales posteriormente son corregidas a través del inevitable método de ensayo y error. Indiscutiblemente, existe una estrecha conexión entre la instrucción impartida y la calidad del estudiante producido, y por tal motivo, una mayor comprensión de los fenómenos asociados al proceso de entrenamiento de vuelo, junto con la implementación de nuevos métodos y técnicas de enseñanza, facilitan la asimilación de las destrezas y conocimientos necesarios, lo cual permite el fortalecimiento de la seguridad aérea desde un enfoque proactivo.

Igualmente, durante el análisis de las condiciones, escenarios y peligros que involucran las actividades de vuelo, así como de los informes e investigaciones de incidentes y accidentes, se ha logrado la identificación de los factores de riesgo más recurrentes en las operaciones aéreas, lo cual ha facilitado la identificación de áreas de investigación para contrarrestar este fenómeno en campos como el error humano, toma de decisiones, efectos del estrés, memoria prospectiva, atención visual, entre otros (NASA, 2017). En estos reportes y estudios es indudable que el factor humano ha sido el causante de aproximadamente el 70 % de los eventos a nivel mundial.

Para el caso de Estados Unidos y Australia, la National Transport Safety Board (NTSB) y la Australian Transport Safety Bureau (ATSB) han concluido que el 77 % y el 84 % de los accidentes respectivamente están asociados a errores basados en las habilidades (CASA, 2007), donde la pérdida de la alerta situacional es un factor persistente. Adicionalmente, la accidentalidad por millón de horas (incluidos todos los accidentes) en la categoría de entrenamiento de vuelo entre el año 2004 y 2013 en Australia fue de 35,4 (CASA, 2013), estadística que supera en un gran número de veces las de la aviación comercial (1.81 accidentes por millón de horas). Los accidentes e incidentes graves involucran una serie de temas comunes durante la fase de aproximación, tales como: aterrizajes fuertes, pérdida de control y excursión de pista; asimismo, en la fase de vuelo nivelado la proximidad de aeronaves resultó ser un factor de riesgo determinante (ATSB, 2016).

Los actuales programas de entrenamiento que rigen a nivel mundial están enfocados en la transferencia de conocimientos y adquisición de habilidades técnicas requeridas para volar y operar las aeronaves. Sin embargo, existen otras habilidades referentes a los factores cognitivos del

piloto, que son requeridos para administrar los recursos de cabina y no están directamente relacionados con el control de la aeronave, administración de los sistemas o procedimientos estandarizados. Estas son las llamadas las habilidades no-técnicas (ver figura 1), que complementan las habilidades anteriormente mencionadas, reducen el error humano, permiten su identificación y mitigan problemas operacionales (Flin, 2010).

Dentro de estas habilidades se encuentra la alerta situacional enfocada en el monitoreo cruzado, la cual hace referencia al conjunto de habilidades donde la vigilancia y comprensión de la información de vuelo, sistemas y ambiente externo son apropiadas para la fase de vuelo en cuestión, el cual, de acuerdo con la estadística de accidentalidad, ha sido un elemento determinante en la ocurrencia de eventos de seguridad. Para la comprensión y estudio cuantitativo de estos elementos, se tiene la capacidad de analizar mediante equipos tecnológicos el comportamiento del sistema visual, la atención empleada en tareas específicas, la influencia de la experticia y los factores externos que afectan el rendimiento, obteniendo en estas áreas importantes resultados en previos estudios mediante experimentaciones en diversas áreas, tanto en la rama de la aviación como en otros campos de investigación.

En la ejecución de tareas de alta complejidad, los sujetos a menudo deben tomar decisiones con relación a un gran número de estímulos visuales que demandan altos niveles de atención con respecto al sistema visual (Carrasco, 2011; Henderson, Brockmole, Castelhana & Mack, 2007; Itti & Koch, 2000; Treisman & Gelade, 1980). En estos casos la experiencia permite un mayor rendimiento sobre dichas tareas (Green & Bavelier, 2003). Una manera de evaluar la atención es registrar los movimientos oculares, ya que para ver la información visual en detalle, es necesario dirigir la mirada (i.e. fijación ocular), de modo que las imágenes sean registradas en la alta resolución sobre la fovea (Tatler, 2014). Para ver en detalle diferentes estímulos visuales en un entorno complejo, el sistema ocular debe realizar movimientos muy rápidos, llamados sacadas, estas requieren un cambio constante de la atención visual para maximizar la captura de la información sobre una escena (Kustov & Robinson, 1996; Tatler, 2014). Por lo tanto, si una tarea requiere múltiples fuentes de información para permitir un rendimiento acorde con la demanda exigida (Dyer *et al.*, 2014), es posible cuantificar y caracterizar el patrón de atención de los sujetos en tareas visuales específicas. Por ejemplo, en situaciones que requieren un elevado nivel de atención, se pueden definir determinadas áreas de interés (AI) y de esta manera cuantificar el número de fijaciones oculares o el tiempo de duración de la fijación a determinados elementos dentro de la escena (Dyer *et al.*, 2014).



Elementos del entrenamiento en CRM



Figura 1. Elementos de entrenamiento en CRM. Las habilidades no-técnicas están divididas en varias habilidades y subdisciplinas, siendo estas muy amplias e interdependientes entre sí. La alerta situacional, que es la base de este estudio, es el mecanismo para entender cómo la percepción, la atención y el procesamiento permiten a un individuo tomar una decisión y respuestas apropiadas mediante un adecuado monitoreo cruzado

Fuente: Civil Aviation Authority, 2002

Adicionalmente, el rastreo del sistema ocular mediante el empleo de equipos especializados ha hecho posible cuantificar la atención empleada por grupos de expertos y novatos en diversas disciplinas, como por ejemplo valoraciones médicas (Nodine, Mello-Thoms, Kundel & Weinstein, 2002), deportes de élite (Land & McLeod, 2000) y conducción (Land & Lee, 1994; Land & Tatler, 2001). En un reciente meta-análisis de seguimiento ocular frente a la experiencia, se encontraron algunos patrones y diferencias significativas entre grupos discriminados según su experticia, en estos estudios los expertos tenían periodos de fijación ocular más cortos y mayor número de fijaciones en áreas asociadas a tareas relevantes (Gegenfurtner, Lehtinen & Säljö, 2011). En el campo aeronáutico durante las últimas dos décadas, se han desarrollado un gran número de investigaciones relacionadas con el desempeño del sistema visual (Bellenkes, Wickens & Kramer, 1997; Colvin, Doshia, Belcher & Dismukes, 2004; Dehais, Causse & Pastor, 2008;

Fouse, Weibel, Hutchins & Hollan, 2011; Katoh, 1997; Kramer, Tham, Konrad, Wickens & Lintern, 1994; Shapiro & Raymond, 1989; Weibel, Fouse, Emmenegger, Kimmich & Hutchins, 2011; Wickens, Kasarskis, Stehwien, Hickox & Aretz, 2001) usando dispositivos de rastreo ocular, los cuales han emergido como una importante herramienta de investigación para cuantificar la atención visual en las actividades de vuelo.

El objetivo de esta investigación fue el de recolectar de manera empírica los patrones visuales de una muestra significativa de pilotos, que permitiera caracterizar de una manera objetiva el proceso de monitoreo durante fases críticas de vuelo, como lo es la aproximación y el aterrizaje. El análisis se dividió en tres partes: primero, se estableció el grado de correlación entre experticia y el número de visitas a determinadas AI en la cabina; segundo, se determinaron las diferencias significativas entre expertos y novatos con

respecto al nivel de atención empleado en mirar afuera y adentro de la cabina; tercero, se establecieron las variaciones en el tiempo empleado en prestar atención visual a los instrumentos más usados, en tanto condiciones de vuelo óptimas como degradadas.

Método experimental

En este proyecto de investigación se tiene como objetivo caracterizar y establecer diferencias significativas en el patrón de escaneo visual de pilotos expertos y novatos en la cabina de un simulador de vuelo, mediante las mediciones efectuadas por el equipo de rastreo y seguimiento ocular Tobii2. Tomando en consideración estudios previos citados en la sección anterior, la naturaleza de la investigación problema y literatura relevante (Duchowski, 2007; Leedy & Ormord, 2015), el diseño de este estudio es de tipo cuantitativo ex post facto y experimental intragrupo, el cual examina hasta qué punto la variable independiente “experticia en actividades de vuelo” (i.e. pilotos instructores y alumnos) y condiciones de vuelo (i.e. turbulencia óptima y moderada) afectan las variables dependientes de interés relacionadas con las métricas obtenidas por el equipo de rastreo, como se citan a continuación:

- Tiempo de duración fuera y dentro de la cabina.
- Fijación del tiempo particular en las áreas de interés (AI).
- Número de visitas a AI en particular.

La investigación no involucra la manipulación directa de la variable independiente experiencia, teniendo en cuenta que la causa “presunta” ya ha ocurrido (experiencia del piloto), y que el propósito es el de concluir a partir de este estudio que las variables dependientes (es decir, las métricas mencionadas) tienden a asociarse con las condiciones preexistentes relacionadas con la variable independiente (Duchowski, 2007). Por otro lado, la variable independiente condiciones de vuelo, compara los efectos que tiene sobre el rendimiento con respecto a las métricas evaluadas en los dos grupos examinados.

Participantes

El plan propuesto durante el experimento incluyó la recolección de datos referentes a la medida de la atención visual a través de un equipo de rastreo ocular para los dos grupos conformados por 9 pilotos expertos con licencia australiana para desempeñarse como instructores de vuelo (edad promedio 25 años) y 9 pilotos novatos (22 años), los cuales eran alumnos pertenecientes a la Escuela de Aviación de la Universidad Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT), Melbourne, Australia, sede de la misma universidad donde el autor realizó el proyecto de investigación. Los pilotos expertos tenían una experiencia de vuelo

que oscilaba en el rango de 500 a 8.200 horas, mientras que los novatos tenían una experiencia entre 45 y 172 horas de vuelo. Todos los participantes tenían visión acorde con los requisitos exigidos por las autoridades aeronáuticas australianas para el desempeño de actividades de vuelo, y su selección se realizó de acuerdo con los requisitos exigidos por el comité de ética de la universidad en donde libremente solicitaron participar en las pruebas.

Diseño del experimento

Durante el experimento se solicitó a cada uno de los pilotos de cada grupo realizar una aproximación y aterrizaje en el simulador bajo dos condiciones de vuelo diferentes: óptimas y de turbulencia moderada. Turbulencia moderada consistió en cambios erráticos en altura y/o actitud, donde la velocidad fluctúa entre 15 y 25 nudos y en la cual un pasajero puede ser lanzado fuera del asiento en caso de no tener ajustado el cinturón. Todos los aterrizajes simulados tuvieron lugar en condiciones meteorológicas visuales en el aeródromo de Point Cook, Melbourne, Australia. El procedimiento de aproximación y aterrizaje inició a 1.200 pies sobre el terreno (AGL), 3.8 millas náuticas y rumbo directo al umbral de la pista de acuerdo con la figura 2. Los patrones de escaneo del sistema visual se registraron con el equipo de rastreo ocular durante los últimos 120 s antes del aterrizaje y la secuencia de los dos escenarios propuestos se presentó aleatoriamente. Las fases de aproximación y aterrizaje se consideraron como las más críticas, y por tanto el foco central de este estudio, teniendo en cuenta la estadística de accidentalidad de diferentes fuentes de información (Bureau of Air Safety Investigation, 2006; CASA, 2015; Eurocontrol, 2016; FAA, 2014).

Simulador de vuelo

El simulador de vuelo Frasca 242 fue utilizado en el experimento, permitiendo registrar los últimos dos minutos de una aproximación visual durante condiciones óptimas y de turbulencia moderada. El equipo era un simulador genérico de un solo motor y hélice de dos palas, la cabina estaba compuesta de la ventana frontal, sistema dual de instrumentos de vuelo y configuración estándar del control de vuelo (i.e., timón, pedales, acelerador, mezcla, paso y rudder), el cual se encuentra avalado como parte de los simuladores donde se realiza el entrenamiento de pilotos alumnos para la obtención de una licencia comercial, bajo la certificación de operador aéreo (AOC) expedida por la autoridad aeronáutica australiana (CASA).

Detalles del equipo de rastreo ocular

En el experimento se utilizó el sistema de rastreo ocular Tobii 2 (ver figura 3). Este equipo estaba compuesto por unos lentes de 45 g, un sistema de grabación portátil y software de control y análisis. Las gafas permiten un rastreo ocular bi-

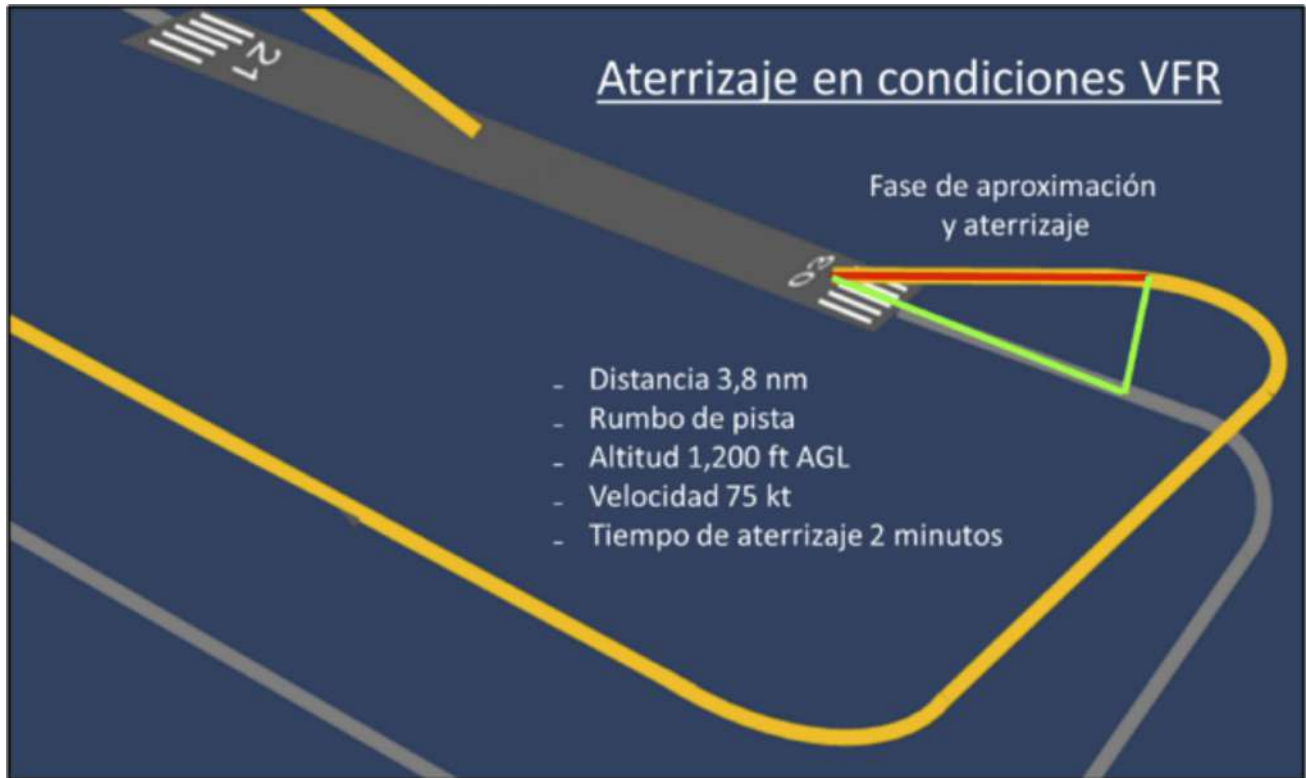


Figura 2. Parámetros del experimento

Fuente: elaboración propia

nocular a una frecuencia de muestreo de 50 HZ, campo de visión de 160° horizontalmente y 70° verticalmente con un micrófono integrado. Las características técnicas del equipo de rastreo ocular permitieron registrar cuantitativamente la atención visual de cada piloto mediante la extrapolación de

los datos a un sistema de coordenadas predefinidas por el software analizador, usando una fotografía de alta resolución de la cabina, donde se habían definido previamente las AI. Una vez procesada la información, fue posible exportar las métricas de seguimiento ocular.



Figura 3. Equipo de rastreo ocular usado en la investigación

Fuente: Tobii Pro, 2016

Método de análisis estadístico

Los datos obtenidos por el equipo se examinaron inicialmente usando el software analizador Tobii2 versión 1.41.2285 (Tobii, Suecia). Este software se utilizó para definir las AI (dentro, fuera de la cabina de mando y los instrumentos de vuelo); luego, se obtuvo el tiempo empleado en la atención visual y el número de visitas por cada sujeto en las respectivas áreas. Estos datos se utilizaron posteriormente para establecer la correlación entre experticia y los instrumentos de vuelo, y, por otro lado, las diferencias significativas entre el tiempo empleado en las diferentes AI por los pilotos durante condiciones óptimas y de turbulencia moderada, mediante el uso del software de estadística SPSS versión 22.

La comparación entre los dos grupos pilotos se realizó mediante el método de estadística inferencial de análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetitivas de 2 vías, utilizando el tiempo de atención visual en las diferentes AI como variable dependiente, y la experticia y condiciones de vuelo como variables independientes con dos niveles cada uno: expertos-cadetes y condiciones de aterrizaje óptimas-turbulentas.

Limitaciones del estudio

Algunos participantes durante el desarrollo de la investigación fueron excluidos antes de realizar la selección poblacional, debido a que no era posible simultáneamente el uso del equipo de rastreo ocular con gafas de prescripción médica; sin embargo, algunos participantes con acceso a lentes de contacto pudieron participar sin ningún tipo de inconveniente técnico. Asimismo, otros factores fisiológicos propios de cada individuo como pestañas largas y párpados caídos podían potencialmente obstruir el sistema visual del participante, inconvenientes que no fueron evidenciados durante la recolección de los datos.

Por otro lado, factores ambientales como la iluminación fueron factores clave para recolectar debidamente los datos obtenidos por el equipo, ya que algunos participantes son más susceptibles a la variación de luminosidad durante el proceso de calibración del equipo de rastreo ocular. Estas consideraciones se tuvieron en cuenta y los

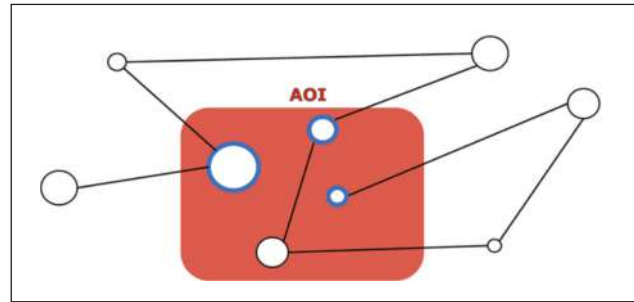


Figura 4. Número de visitas. Esta métrica recolectada por el sistema de rastreo ocular contabiliza la cantidad de visitas realizadas por el participante durante un cierto periodo de tiempo
Fuente: Senso Motoric Instruments, 2011

datos extraídos no mostraron variaciones significativas en la calidad de las muestras recogidas.

Resultados

Relación de experticia y número de visitas en AI al interior de la cabina

La primera fase de la investigación se centró en establecer la correlación entre la experticia del piloto (definida con respecto a su experiencia de vuelo) y el actual número de visitas que realizó con su sistema visual (ver Figura 4) a los diferentes instrumentos de vuelo y AI previamente determinadas.

De acuerdo con un ensayo previo del experimento realizado con un piloto experto con el equipo de rastreo ocular (figura 5A), se seleccionaron 15 AI al interior de la cabina, teniendo en cuenta su importancia basada en la frecuencia y tiempo empleado por el sistema ocular en dichos instrumentos de vuelo y áreas de exploración visual, como se aprecia en la figura 5B.

Posteriormente, fue desarrollado el experimento realizando 36 aproximaciones, 18 por cada grupo y 2 por cada participante (uno en condiciones óptimas y otro en turbulencia media). La figura 6 ilustra mediante un mapa de calor el resumen general de la frecuencia con que el número de visitas en la cabina fue efectuado en cada uno de los dos grupos, información que fue recolectada mediante el software de análisis del equipo de rastreo ocular.



Figura 5. Resultados del ensayo previo realizado y selección AI. Se seleccionaron las siguientes áreas (B) de acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo previo con un piloto experto (A): (1) ventana frontal, (2) ventana izquierda, (3) área de transición entre la cabina exterior e interior, (4) indicador de velocidad, (5) horizonte artificial, (6) altímetro, (7) múltiple de distribución, (8) coordinador de virajes, (9) indicador de situación horizontal, (10) indicador vertical de velocidad, (11) tacómetro, (12) VOR, (13) indicador de flujo de combustible, (14) acelerador, (15) brújula.

Fuente: elaboración propia



Figura 6. Mapa de calor de los grupos expertos y novatos. (A) corresponde al grupo de expertos, quienes tienen un área más agrupada en sus exploraciones visuales (en el eje vertical), pero con una mayor cobertura de visitas con respecto a las AI predeterminadas comparado con el grupo de novatos (B)

Fuente: elaboración propia

Se extrajeron los datos correspondientes al número total de visitas realizadas por cada uno de los participantes (9 pilotos expertos y 9 novatos) y se obtuvo la media de cada una de las AI para ambos grupos, como se aprecia en la figura 7; el gráfico de barras muestra que la AI más visitada fue el área de transición entre la cabina interior y el área externa de

exploración visual (figura 5B-3). En su orden para el personal de pilotos expertos le siguen, la ventana frontal, el velocímetro, el horizonte artificial y el altímetro fueron las áreas con más registros en promedio. Asimismo, se observa un mayor número de visitas a todas y cada una de las áreas analizadas por parte de los expertos con respecto a los novatos.

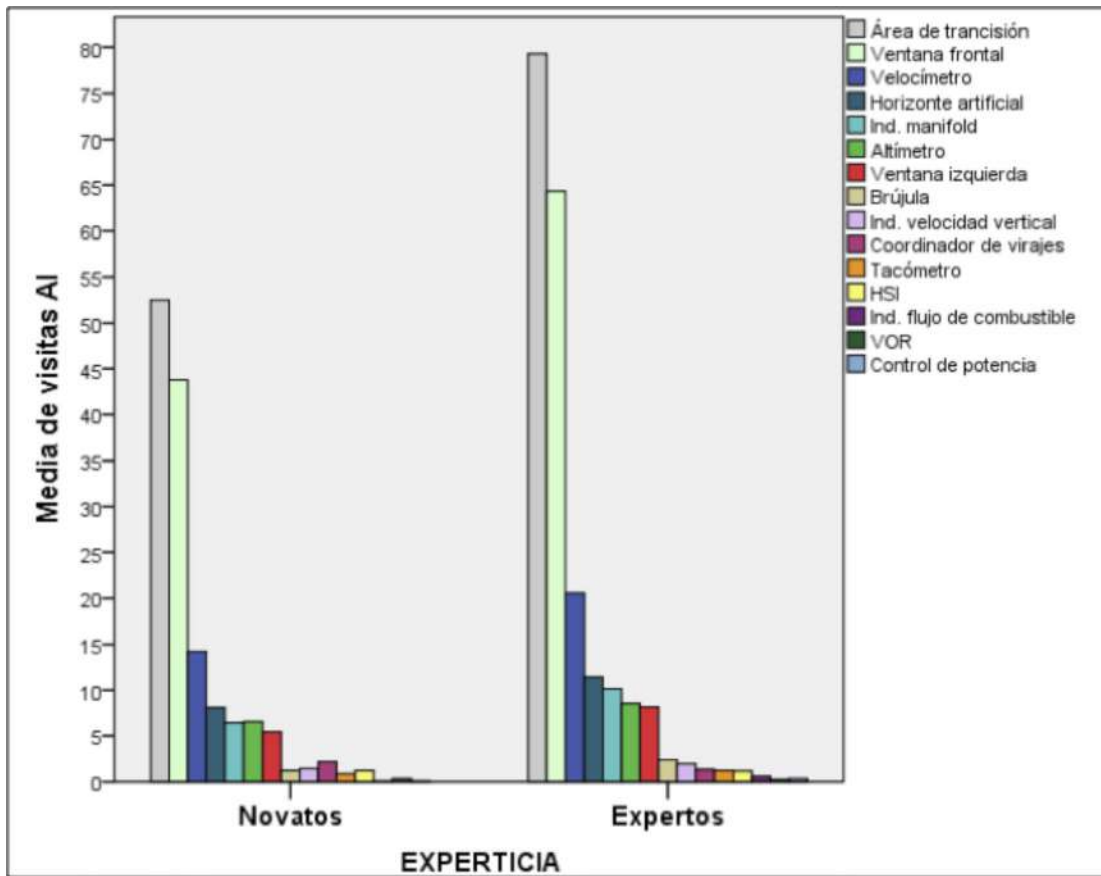


Figura 7. Media de visitas a las AI
Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se cuantificó el porcentaje de participantes de cada grupo que visitaron al menos una vez cada uno de instrumentos y áreas de exploración visual, de acuerdo con los resultados de detallados en la tabla 1. El grupo de expertos presenta un área de exploración visual mucho más amplia al cubrir en mayor proporción las áreas de exploración determinadas, a excepción de la ventana lateral izquierda, el altímetro y el acelerador.

Por último, se realizó un análisis correlacional entre la experticia y el número de visitas a las AI. Debido a que los datos no seguían una distribución normal (distribución de Gauss), se calculó el coeficiente de correlación de Spearman, ρ (Flin). Este valor obtenido es la medida de la asociación o interdependencia entre las dos variables mencionadas. Se evidenció una correlación positiva entre la experticia y el número de visitas en las dos siguientes AI

al nivel $p < .05$: área de transición ($\rho = .337$, $p = 0.038$) y velocímetro ($\rho = .340$, $p = 0.036$).

Relación de experticia y número de visitas en AI al interior de la cabina

El segundo objetivo de esta investigación consistió en establecer las diferencias entre los grupos de pilotos (experticia), con respecto al tiempo total de duración empleado por el sistema visual adentro y afuera de la cabina (ver figura 8) durante el lapso de 2 minutos, en el cual se desarrolló el experimento por cada participante.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 2, el tiempo medio empleado mirando afuera de la cabina por el grupo experto para las dos condiciones de vuelo ($M = 85.10$, $SD = 8.74$, $SE = 2.06$), fue menor comparado con el grupo de novatos ($M = 96.83$, $SD = 8.02$, $SE = 1.89$). Por el con-



Tabla 1. Porcentaje de participantes de cada grupo que visitaron al menos una vez cada AI (durante los últimos 2 minutos de la fase de aproximación y aterrizaje) y las diferencias entre los dos grupos. Se realizaron 38 aterrizajes en dos condiciones diferentes en ambos grupos de pilotos. (*) Hace referencia a los instrumentos que fueron visitados en mayor proporción por el grupo de novatos, y (**) hace referencia a los instrumentos que fueron visitados en mayor proporción por el grupo de expertos.

ÁREAS DE INTERÉS		TIPO DE INSTRUMENTO	NOVATOS	EXPERTOS	DIFERENCIAS
1	Ventana frontal	Área de exploración visual	100 %	100 %	0 %
2	Ventana lateral izquierda *	Área de exploración visual	79 %	75 %	4 %
3	Área de transición entre la cabina exterior e interior	Área de exploración visual	100 %	100 %	0 %
4	Velocímetro	Comportamiento	100 %	100 %	0 %
5	Horizonte artificial **	Control	95 %	100 %	-5 %
6	Altimetro *	Comportamiento	100 %	80 %	20 %
7	Indicador manifold	Control	100 %	100 %	0 %
8	Coordinador de virajes **	Comportamiento	47 %	55 %	-8 %
9	Indicador de situación horizontal **	Navegación	47 %	50 %	-3 %
10	Indicador de velocidad vertical **	Comportamiento	37 %	40 %	-3 %
11	Tacómetro **	Control	42 %	55 %	-13 %
12	VOR **	Navegación	16 %	30 %	-14 %
13	Indicador de flujo de combustible **	Rendimiento del motor	11 %	15 %	-4 %
14	Acelerador *	Rendimiento del motor	11 %	10 %	1 %
15	Brújula **	Comportamiento	37 %	40 %	-3 %

Fuente: elaboración propia



Figura 8. AI seleccionadas. En dichas AI se obtuvo el tiempo total que cada participante la observó durante el lapso de dos minutos
Fuente: elaboración propia

trario, el tiempo medio empleado mirando adentro de la cabina por el grupo experto fue mayor ($M=18.63$, $SD=6.08$, $SE=1.43$) comparado con el grupo de novatos ($M=12.89$, $SD=3.88$, $SE=0.91$). Los resultados del ANOVA de dos factores entre grupos señalan que la diferencia entre el tiempo medio empleado afuera de la cabina por el grupo de expertos y novatos es estadísticamente significativa ($F(1, 16) = 5.794$, $p=0.029$), así como el tiempo empleado al interior de la cabina ($F(1, 16) = 4.862$, $p=0.042$).

La tabla 3 detalla los resultados obtenidos el tiempo medio empleado por los dos grupos mirando al interior de la cabina. En condiciones óptimas el tiempo empleado ($M=19.50$, $SD=6.14$, $SE=1.45$) fue mayor comparado con condiciones de turbulencia moderada ($M=12.03$, $SD=5.75$, $SE=1.35$). Los resultados del ANOVA de dos factores intragrupos señala que la diferencia entre el tiempo medio empleado adentro de la cabina por el grupo de expertos y novatos es estadísticamente significativa ($F(1, 16) = 29.671$, $p=0.000054$).

Tabla 2.

Tiempo medio en las dos AI de cada grupo en la fase de aproximación-aterri-zaje durante los dos minutos del experimen-to. Los expertos emplearon más tiempo mirando adentro de la cabina que los novatos. Por otro lado, ambos grupos usaron menos tiempo mirando adentro de la cabina en condiciones de turbulencia que en condiciones óptimas

TIEMPO EMPLEADO EN LAS ÁREAS DE INTERÉS (s)						
CONDICIONES / EXPERTICIA		AFUERA DE LA CABINA		ADENTRO DE LA CABINA		
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	N
Cond. Óptimas	Expertos	83.81	8.63	23.52	4.94	9
Cond. Turbulencia		86.39	9.18	13.74	7.22	9
Total		85.10	8.74	18.63	6.08	18
Cond. Óptimas	Novatos	96.27	7.72	15.48	4.38	9
Cond. Turbulencia		97.39	8.75	10.31	3.37	9
Total		96.83	8.02	12.89	3.88	18

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.

Tiempo medio usado al interior de la cabina durante las con-diciones óptimas y de turbulencia en la fase de aproximación-aterri-zaje de dos minutos. Los expertos emplearon más tiempo mirando adentro de la cabina que los novatos. Por otro lado, am-bos grupos usaron menos tiempo mirando adentro de la cabina en condiciones de turbulencia que en condiciones óptimas

TIEMPO EMPLEADO EN LAS ÁREAS DE INTERÉS (s)				
CONDICIONES / EXPERTICIA		ADENTRO DE LA CABINA		
		Media	Desv. est.	N
Condiciones óptimas	Novatos	15,48	4,38	9
	Expertos	23,52	4,94	9
	Total	19,50	6,14	18
Condiciones de turbulencia moderada	Novatos	10,31	3,37	9
	Expertos	13,74	7,22	9
	Total	12,03	5,75	18

Fuente: elaboración propia

Relación de experticia y número de visitas en AI al interior de la cabina

El último caso de estudio de esta investigación consis-tió en determinar las diferencias entre los grupos (exper-tos y novatos) y el tiempo que empleaban para distribuir su atención visual en los instrumentos de vuelo en la ca-bina. Se denomina como tiempo de atención visual, una duración mínima de 60 milisegundos por parte del sujeto. Este parámetro fue seleccionado de acuerdo con estudios previos, en los cuales se ha establecido que este lapso de

tiempo es el mínimo empleado por un ser humano para el procesamiento de la información a través del sistema visual (Duchowski, 2007). De acuerdo con la figura 9, se identi-ficaron los cuatro instrumentos más importantes: velocí-metro, indicador Manifold, altímetro y horizonte artificial, teniendo en cuenta el tiempo medio empleado por los grupos fijando su atención visual en ellos.

Con el fin de establecer diferencias significativas en-tre los dos grupos, se tabularon los datos referentes a la estadística descriptiva en las 4 AI con respecto a las dos condiciones de vuelo y los dos grupos de experticia (tabla 4); posteriormente, se obtuvieron los resultados del análisis de estadística inferencial ANOVA de dos factores entre gru-pos, el cual señaló que la diferencia entre el tiempo medio empleado fijando la atención en los cuatro instrumentos de vuelo por parte de los grupos de expertos y novatos no es estadísticamente significativa como se resume en la tabla 5.

Tabla 4.

Tiempo medio de atención visual en las AI durante condiciones óptimas y de turbulencia en la fase de aproximación-aterri-zaje de 2 minutos. Los expertos emplearon más tiempo observando los instrumentos de vuelo comparado con los pilotos novatos (a ex-cepción del altímetro en condiciones óptimas). También, ambos grupos utilizaron un menor tiempo enfocando su atención a los instrumentos de vuelo en condiciones de turbulencia (a excep-ción del grupo de expertos en el altímetro y el horizonte artificial)

AI	EXPERTICIA	Condiciones óptimas		Condiciones de turbulencia		N
		Tiempo medio (s)	Desv. std.	Tiempo medio (s)	Desv. std.	
Velocímetro	Novatos	2,76	1,19	2,05	0,80	9
	Expertos	4,22	2,48	3,90	1,75	9
	Media grupos	3,49	2,03	2,97	1,62	18
Indicador manifold	Novatos	1,06	0,85	0,52	0,53	9
	Expertos	2,55	2,36	1,93	1,12	9
	Media grupos	1,81	1,88	1,23	1,12	18
Altímetro	Novatos	1,36	0,92	0,69	0,71	9
	Expertos	1,23	0,94	1,24	0,98	9
	Media grupos	1,30	0,91	0,97	0,88	18
Horizonte artificial	Novatos	0,59	0,34	0,40	0,46	9
	Expertos	0,84	0,72	1,00	0,77	9
	Media grupos	0,71	0,56	0,70	0,69	18

Fuente: elaboración propia

Asimismo, se verificaron si existían diferencias entre las dos condiciones de vuelo mediante el análisis ANOVA de dos factores intragrupos (ver tabla 6), encontrando que, para el velocímetro, altímetro e indicador de actitud sí fue estadísti-camente significativa, como a continuación se resume.

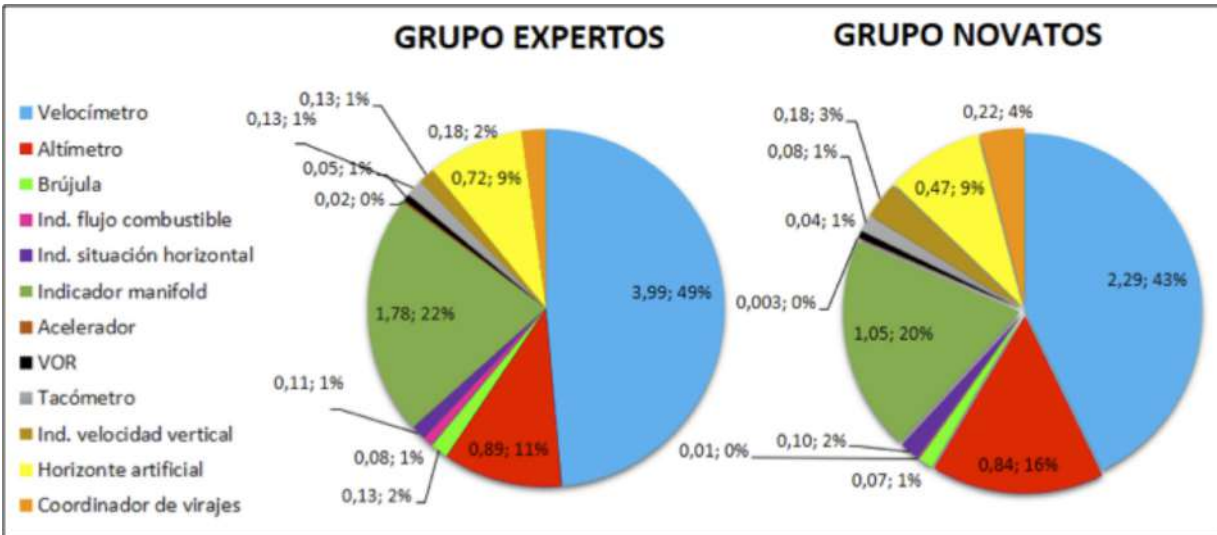


Figura 9. Tiempo medio de atención visual para el grupo de expertos y novatos en los instrumentos de vuelo. El indicador de velocidad registró el mayor tiempo de atención visual en los expertos (4.0 s) y en novatos (2.3 s); en su orden, el indicador manifold ocupó el 22 % del tiempo con respecto a los instrumentos analizados en los expertos y el 20 % en los novatos, el altímetro el 11 % en expertos y 16 % en los novatos y el indicador de actitud 9 % en expertos y novatos. El resto de los instrumentos de vuelo requirieron menos del 2 % del tiempo de la atención visual

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.

Resultados pruebas comparativo ANOVA entre grupos. No se encontraron diferencias significativas al nivel $p < 0.05$ en el tiempo medio empleado en la atención visual para el velocímetro, indicador Manifold, altímetro o indicador de actitud entre los dos grupos durante la fase de aterrizaje de aproximación de 2 minutos

TEST	INSTRUMENTO	[F (gl , gl) = F Valor , p = sig , Significativo
1	VELOCÍMETRO	[F (1 , 16) = 2.112 p = 0.165 , No
2	IND. MANIFOLD	[F (1 , 16) = 1.006 p = 0.331 , No
3	ALTÍMETRO	[F (1 , 16) = 0.299 p = 0.592 , No
4	HORIZONTE ARTIFICIAL	[F (1 , 16) = 1.154 p = 0.299 , No

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.

Test comparativo ANOVA para condiciones de vuelo. Se encontraron diferencias significativas en el nivel de $p < 0.05$ en el tiempo medio empleado para fijar la velocidad aerodinámica, el altímetro y el indicador de actitud entre las dos condiciones de vuelo durante la fase de aterrizaje de aproximación de 2 minutos. No se encontraron diferencias significativas en el indicador Manifold

TEST	INSTRUMENTO	[F (gl , gl) = F Valor , p = sig , Significativo
1	VELOCÍMETRO	[F (1 , 16) = 7.244 p = 0.016* , Si
2	IND. MANIFOLD	[F (1 , 16) = 3.103 p = 0.097 , No
3	ALTÍMETRO	[F (1 , 16) = 19.379 p = 0.000445* , Si
4	HORIZONTE ARTIFICIAL	[F (1 , 16) = 5.878 p = 0.028* , Si

Fuente: elaboración propia

Estos resultados demostraron que las condiciones de vuelo influyen significativamente en la atención visual empleada en los instrumentos de vuelo más importantes durante la fase de aproximación y aterrizaje en el simulador de vuelo. Por ejemplo, los pilotos durante condiciones degradadas reducen la atención visual en un 67 % en el altímetro, en un 36 % en el horizonte artificial y en un 30 % para el velocímetro.

Discusión

Esta investigación determinó diferencias en el comportamiento de la atención visual de pilotos expertos y novatos durante las fases de aproximación y aterrizaje, a través del análisis de métricas relacionadas con el rendimiento del sistema visual. Es importante resaltar los notables aportes desarrollados en previos estudios, ya que permitieron establecer pautas metodológicas para este proyecto; sin embargo, la mayoría de ellos se vieron afectados por brechas de carácter técnico que limitaron el alcance y sus resultados.

Por ejemplo, Kramer (1994) y Bellenkes *et al.* (1997) identificaron diferencias basadas en la experiencia de los pilotos, donde el tiempo promedio de atención visual por visita eran más prolongados en novatos que en expertos; sin embargo, esta investigación se centró en la fase de crucero para condiciones IFR y VFR. Katoh (1997) estableció un modelo para discriminar varios tipos de vuelos analizando la amplitud de las sacadas de los pilotos, pero este estudio no se centró en áreas de interés específicas ni en métricas de tiempo en atención visual, ya que el equipo de medición con el que contaba en ese entonces no tenía la capacidad de extraer la información necesaria del sistema visual, por tal motivo se obtuvieron resultados inconclusos. Kasarskis *et al.* (2001) determinaron diferencias en los patrones de exploración visual en función de la experticia en un simulador de vuelo con un equipo de rastreo ocular que registraba solo cuatro áreas de interés en el aterrizaje (fuera de la cabina y otros tres instrumentos más). Dehais *et al.* (2008) exploraron el patrón visual de pilotos expertos durante vuelo real en un tráfico estándar y los efectos que generaban condiciones degradadas (falla de un motor) en la atención a los instrumentos de vuelo durante la fase de aterrizaje; sin embargo, las limitaciones tecnológicas para ese entonces (equipo de rastreo ocular), solo permitieron una recolección de datos a una reducida área y al interior de la cabina exclusivamente.

En el presente estudio se tuvieron en cuenta tres aspectos para la fase de aproximación y aterrizaje: 1) comparar la cantidad de visitas a AI particulares mediante el sistema visual ejecutado por dos grupos diferentes de pilotos, y determinar si existe una correlación significativa de esta métrica con respecto a la experticia; 2) establecer diferencias significativas por parte de pilotos expertos y novatos

con respecto al tiempo empleado dentro y fuera de la cabina, en combinación con dos tipos de condiciones: óptimas y degradadas; 3) determinar diferencias significativas entre grupos de experticia y condiciones de vuelo con respecto al tiempo de atención visual empleado en los cuatro instrumentos de vuelo más visitados durante la fase de aproximación y aterrizaje.

Numerosos estudios han argumentado que la fase de aproximación y aterrizaje son las fases más críticas en el entrenamiento de vuelo, debido al reducido margen de error permitido en este corto periodo de tiempo (Bureau of Air Safety Investigation, 2006; CASA, 2007, 2013; Gibb & Gray, 2016). Por lo tanto, la optimización de la atención visual es un requerimiento esencial para mantener la trayectoria de planeo deseado, control de potencia y adecuada actitud con referencia a los ejes vertical, lateral y longitudinal (FAA, 2004). Para ejecutar correctamente esta maniobra en condiciones visuales, se requiere un efectivo proceso de monitoreo cruzado, que involucra mayoritariamente el escaneo visual fuera de la cabina, sin embargo, varios parámetros tienen que ser frecuentemente verificados dentro de la cabina a través de los instrumentos de vuelo.

Los resultados obtenidos en el primer objetivo planteado y sus respectivos comparativos con respecto a las áreas de interés visitadas durante los dos minutos que se emplearon en cada aproximación y aterrizaje, confirmó que todos los participantes emplearon la mayoría del tiempo efectuando visitas a las áreas externas (ventana frontal). Al interior de la cabina, el indicador de velocidad fue el instrumento más visitado, teniendo en cuenta su importancia para esta fase de vuelo, ya que el control de velocidad incorpora información relativa a los límites de pérdida por baja velocidad, ángulo de inclinación de la aeronave y ajuste de potencia, parámetros indispensables para una maniobra segura. Otros instrumentos que reportaron visitas al menos por el 80 % de los participantes de cada grupo fueron el indicador Manifold, el horizonte artificial y el altímetro. En el caso de este último, una mayor proporción del grupo de novatos visitó este instrumento en comparación con los expertos, lo cual es coherente con los hallazgos de Kasarskis *et al.* (2001).

Es posible establecer la hipótesis de que pilotos expertos reducen el uso del altímetro y aumentan el número de visitas a la imagen de la pista, mediante la interpretación del régimen de cambio de la forma o tamaño de esta a través de la aplicación de un concepto llamado “despliegue”. Este término se refiere al ensanchamiento del frente de la pista y el estrechamiento del extremo lejano de esta, cuando el punto de referencia es más bajo (baja altura), existirá más despliegue y se creará un ángulo visual mayor forma-



do por la intersección de la pista y la proyección del ancho más lejano de la pista (figura 10B). Por tanto, el cambio en el despliegue puede avisar a un piloto del cambio en la altitud. A una altura constante (figura 10A), el ángulo que se forma es constante, pero a medida que el piloto desciende y se acerca a la pista, el ángulo de despliegue aumenta. Si se desciende a una velocidad constante, existirá

un régimen de cambio del despliegue constante. Por tanto este concepto permitiría a pilotos expertos mantener la trayectoria de planeo deseada, que no solo soportaría la estimación de altura, sino también la distancia al umbral de pista (Gibb & Gray, 2016). Sin embargo, este análisis requerirá mayor investigación al respecto para corroborar la influencia de este fenómeno para el uso del altímetro.



Figura 10. Concepto de “despliegue”. La figura (A) ilustra una trayectoria de planeo constante durante la fase de aproximación, el despliegue permanece constante en diferentes altitudes y distancias con referencia al umbral de pista y permite una aproximación estabilizada mediante el uso de referencias visuales. En contraste, la figura (B) describe tres escenarios diferentes donde el despliegue difiere y la combinación de altitud y distancia conlleva a ángulos de aproximación diferentes

Fuente: FAA, 2004

Por otro lado, una proporción mucho menor de participantes en ambos grupos visitaron el resto de los instrumentos de vuelo (por debajo del 50 % de los participantes); sin embargo, es importante notar que los pilotos expertos los visitaron en mayor proporción en comparación con los pilotos novatos, ampliando sus visitas a instrumentos primarios, secundarios, así como a otras áreas de interés que no fueron cubiertas en el análisis estadístico de esta investigación. Estas diferencias pueden apreciarse cualitativamente en la figura 11.

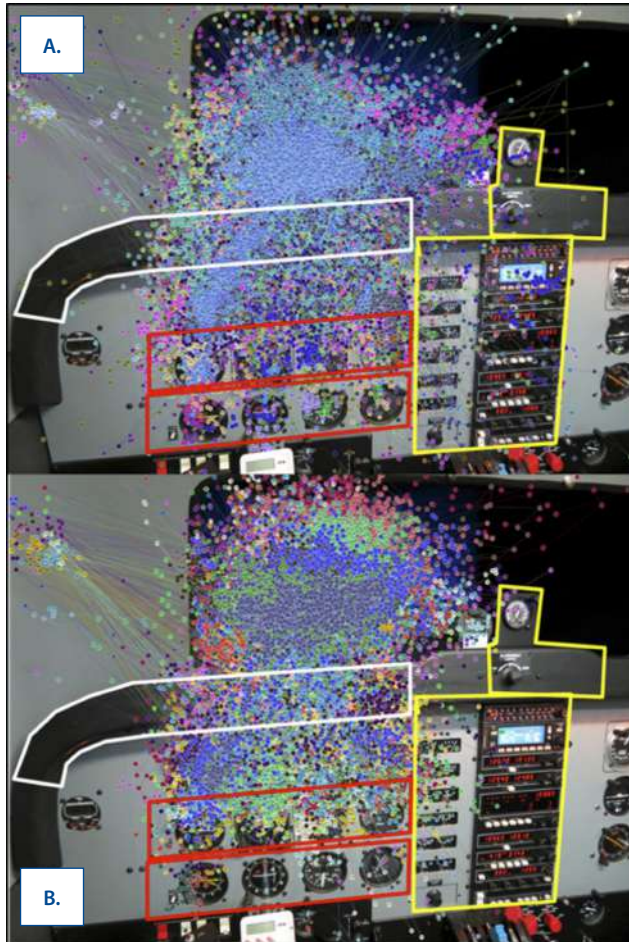


Figura 11. Gráfica de las sacadas y visitas realizadas por cada uno de los grupos. El área bordeada en color amarillo corresponde al equipo adicional instalado en la aeronave, el sector en color blanco es la transición entre el área exterior, en color rojo se encuentran los instrumentos de vuelo auxiliares. La imagen superior (A) corresponde a las visitas del grupo de expertos, donde se aprecia mayor frecuencia de visitas y sacadas, evidenciando un monitoreo cruzado más activo. Por el contrario, el grupo de novatos (B) exhibió una reducción en la exploración visual en las regiones demarcadas

Fuente: elaboración propia

A diferencia de los hallazgos encontrados en anteriores estudios, no existía registro del sector de transición entre el

exterior y el interior de la cabina. Esta área de transición, la cual es un sector intermedio entre las dos AI mencionadas, tuvo un promedio de visitas para el grupo de expertos en un 50 % mayor con relación al grupo de principiantes. Esto demuestra un monitoreo cruzado más dinámico en pilotos expertos, permitiéndoles realizar transiciones más rápidas entre el ambiente externo y los instrumentos de vuelo, los cuales son monitoreados constantemente.

Asimismo, se halló una correlación positiva y significativa al nivel $p < 0,05$ entre la experticia y el indicador de velocidad, y de igual manera con el área de transición. Este resultado es consistente con los resultados de estadística descriptiva mencionados anteriormente, y confirma un escaneo más activo y frecuente en uno de los instrumentos de vuelo más importantes para el comportamiento de la aeronave. Esto puede explicar un aumento en la proeficiencia adquirida por parte del grupo de expertos, desarrollado a través de la experiencia en las actividades de vuelo demostrado en el chequeo cruzado con un régimen de escaneo más eficiente (menor tiempo de fijación y más visitas efectuadas).

En segundo lugar, se analizó el comportamiento del sistema visual para determinar las diferencias entre ambos grupos durante el tiempo empleado dentro y fuera de la cabina, lo cual tiene implicaciones directas en la vigilancia del espacio aéreo, en la reducción de la probabilidad de proximidad o colisión con otros tráficos en vuelo, así como la incursión en pista con otras aeronaves en tierra. De acuerdo con la Administración Federal de Aviación (FAA), durante un descenso VFR el escaneo visual del entorno externo es una tarea esencial del piloto, la cual debe realizarse a través de una técnica eficaz que permita abarcar los instrumentos de vuelo al interior de la cabina (ATSB, 2004; FAA, 2014). Por tal motivo, y teniendo en cuenta las limitaciones visuales del campo de visión, es necesario una activa exploración con movimientos oculares cortos y regulares que proporcionen una cobertura efectiva a la información esencial, señales y referencias visuales fuera de la cabina.

Adicionalmente, la FAA recomienda a los pilotos desarrollar su propio patrón de exploración que asegure comodidad y eficacia en la ejecución de la tarea. La vigilancia del espacio aéreo no puede superar los 10 grados por cada segmento de exploración y debe realizarse una fijación de al menos 1 segundo para permitir la detección de posibles amenazas en la trayectoria de vuelo. Además, el Manual de Información Aeronáutica (FAA, 2014) indican que las tareas visuales dentro de la cabina no deben durar más del 25 al 35 % del tiempo, o no más de 4 a 5 segundos por cada 16 segundos fuera de la cabina. Para este proceso de chequeo cruzado, se requiere priorizar la atención a los instrumentos



de vuelo, con el fin de controlar los parámetros de la aeronave y secuencialmente dirigir la atención afuera. Aunque los organismos reguladores aeronáuticos han determinado algunas instrucciones generales para el vuelo VFR y algunas investigaciones se han centrado en este tema en la fase de crucero, ningún estudio previo había examinado la fase de aproximación y aterrizaje utilizando la metodología implementada en esta investigación.

Los hallazgos de este estudio mostraron diferencias significativas entre pilotos expertos y novatos, donde esos últimos emplearon 85.4 % del tiempo fuera de la cabina y los expertos 77.5 %. Por el contrario, los novatos requirieron 10.1 % del tiempo adentro y los expertos 13.8 %. Por otro lado, los expertos destinaron mayor tiempo en el área de transición entre el exterior y el interior de la cabina, como se mencionó anteriormente. Es importante tener en cuenta que las fijaciones oculares no puede ser registradas la totalidad del tiempo por el equipo de rastreo ocular, esto es debido al hecho de que el parpadeo ocupa aproximadamente entre el 5 al 10 % del tiempo (Tobii Pro, 2016). Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, este hallazgo sugiere que los expertos distribuyen el tiempo disponible para mirar fuera de la cabina a otras áreas dentro de la cabina y al sector de transición (entre el interior y el exterior de la cabina) mediante un proceso de escaneo más activo debido al aumento del número de visitas a las diferentes áreas de interés. Asimismo, es importante mencionar que los expertos hicieron mayor número de visitas a la ventana frontal, esto posiblemente contrarresta el menor tiempo empleado mirando fuera de la cabina en el simulador de vuelo.

Otra cuestión importante que surge de estos hallazgos es que las condiciones degradadas produjeron efectos significativos en ambos grupos de pilotos. El porcentaje de tiempo empleado en condiciones óptimas para ambos grupos de pilotos fuera y dentro de la cabina fue del 76.9 % y 17.1 % respectivamente, mientras que la proporción en condiciones de turbulencia moderada fue de 8.53 y 8.3 %. Este hallazgo tiene implicaciones en el rendimiento del piloto debido a la reducción de la atención dentro de la cabina en condiciones degradadas, junto con el aumento de la carga de trabajo adicional como resultado de la alteración de la estabilidad dinámica en la aeronave creada por el efecto de turbulencia. Por lo tanto, hay un menor tiempo disponible para realizar el proceso de chequeo cruzado a los instrumentos de vuelo, lo que reduce la probabilidad de percepción visual a la mitad del tiempo y consecuentemente produciría una mayor degradación de los parámetros de vuelo requeridos para mantener la aeronave estabilizada. Sin embargo, podría darse el caso que las condiciones degradadas produzcan efectos favorables

en el escaneo del espacio aéreo debido al incremento de la asignación de tiempo afuera de la cabina.

Un hallazgo cualitativo interesante obtenido durante el análisis de los mapas de calor es que los expertos fijan su atención de manera más condensada fuera de la cabina en el eje vertical y ligeramente más expandida en el eje horizontal, cuando la ventana se divide en nueve secciones, de acuerdo con la figura 12. Esto sugiere que los pilotos novatos enfocan su vista más distante que el otro grupo, lo cual influye en el grado de exactitud en juzgar la cercanía al terreno. Además, debido a que los pilotos expertos tienen una mirada más amplia en el eje lateral, se hace un uso más efectivo de las referencias visuales circundantes y otras señales diferentes a la pista, lo que puede proporcionar una perspectiva más amplia que podría mejorar la orientación visual (Gaur, 2005).

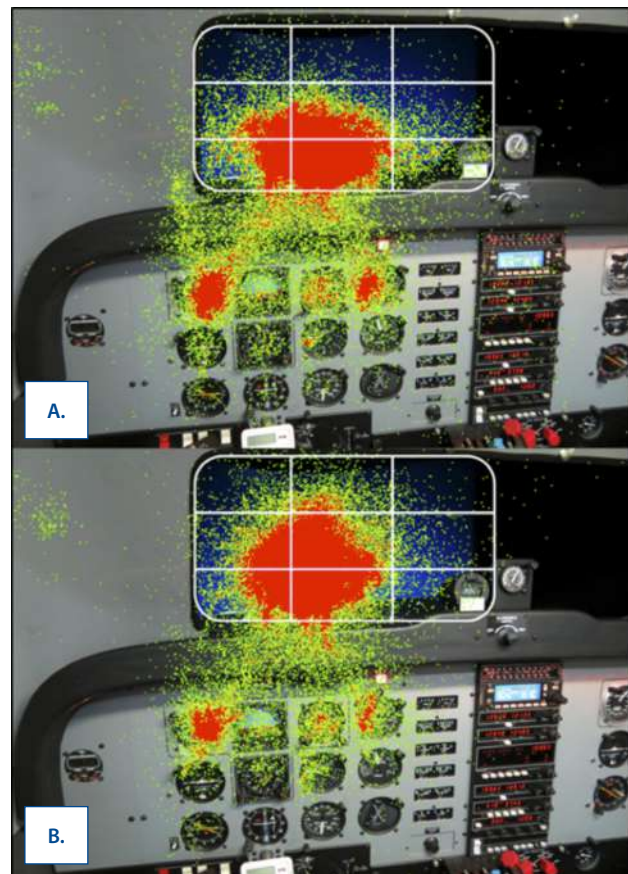


Figura 12. Diferencias del mapa de calor fuera de la cabina. La ventana frontal se dividió en 9 secciones y se observaron diferencias cualitativas en los expertos (A) y los cadetes (B). Los cadetes fijan su atención visual más adelante que los expertos y estos últimos ampliaron en mayor proporción el patrón de exploración en el eje horizontal. Por tanto, las transiciones entre el área exterior e interior de la cabina son más cortas en el grupo de expertos, lo que implica una reducción de la distancia de las sacadas.

Fuente: elaboración propia

Por último, se analizó el tercer objetivo relacionado con el tiempo de atención visual empleado en los cuatro instrumentos al interior de la cabina que más fueron observados por los dos grupos de pilotos. El indicador Manifold y de actitud (instrumentos de control), junto con el indicador de velocidad y altímetro (instrumentos de rendimiento), proporcionan la información esencial para un aterrizaje adecuado.

Contrariamente a lo esperado, esta investigación no encontró diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto al tiempo de fijación de estos instrumentos en la fase aproximación y aterrizaje al nivel de $p < 0,05$. A pesar de que los expertos emplearon en promedio más tiempo y aumentaron el número de visitas a dichos instrumentos (excepto el altímetro), la variación en los resultados para cada participante y la desviación estándar obtenida en los resultados de cada grupo fue tan elevada que no permitió establecer diferencias significativas con análisis de estadística inferencial. Sin embargo, los resultados cualitativos sugieren que los expertos en general desarrollan un patrón de exploración más extenso, cubriendo más Al interior de la cabina. Asimismo, de acuerdo con los tiempos promedio obtenidos con estadística descriptiva, se obtuvieron valores más altos en el tiempo de atención visual utilizado en todos los instrumentos de vuelo por parte del grupo de expertos, a excepción del coordinador de virajes.

Con respecto a la proporción de tiempo usada en cada instrumento de vuelo, es importante tener en cuenta el corto periodo de tiempo utilizado por los pilotos en general para extraer la información necesaria. Por ejemplo, se utilizó solo el 5.2 % de los dos minutos que duró el experimento en fijar atención al velocímetro, el 2.4 % para el indicador Manifold, el 1.4 % para el altímetro y solo el 1 % para el indicador de actitud. De acuerdo con el modelo de procesamiento de la información (Harris, 2011), durante estos cortos periodos de tiempo, los procesos de registro sensorial y percepción permiten obtener suficiente información para el correcto desarrollo de las operaciones cognitivas y mentales, las cuales determinarían una respuesta apropiada y su correspondiente resultado satisfactorio de desempeño.

Finalmente, el análisis ANOVA indicó que durante condiciones degradadas en una aproximación los grupos presentaron diferencias en el tiempo empleado en el velocímetro, altímetro e indicador de actitud, donde se observó una reducción en la atención visual considerable con respecto a las condiciones óptimas. Este hallazgo consistente en una reducción en la asignación de atención para los pilotos durante el proceso de verificación cruzada en condiciones de turbulencia, demuestra la importancia y

necesidad de prestar atención en estas condiciones a otras áreas de interés, en especial al exterior de la cabina, la cual es acorde con los resultados obtenidos en el análisis del objetivo anterior con respecto a la disminución del tiempo de duración dentro de la cabina en más del 50 %, evidenciando con esto el notable incremento de la carga de trabajo que esta situación demanda.

Conclusiones y recomendaciones

El propósito de la presente investigación fue caracterizar los patrones de exploración visual de pilotos expertos y novatos, con el fin de establecer diferencias entre ambos grupos, y de esta manera determinar cuáles áreas de interés son las de mayor importancia para cada grupo y con qué frecuencia el sistema visual requiere su percepción y atención visual durante la aproximación y aterrizaje. Lo anterior teniendo en cuenta las implicaciones de estas fases de vuelo en materia de seguridad aérea, donde el factor humano es el mayor contribuyente en la ocurrencia de incidentes y accidentes.

El rendimiento humano, asociado con la experticia, representa un tema de especial interés en un sinnúmero de actividades, donde el conocimiento basado en habilidades es esencial para el correcto desempeño. Para el caso de la aviación la experiencia representa una fuente inestimable de conocimiento, teniendo en cuenta que pilotos experimentados saben exactamente qué áreas de interés observar, cuándo y con qué frecuencia.

Los resultados evidenciaron una correlación positiva entre la experiencia y la frecuencia de visitas al velocímetro y el área de transición entre el interior y el exterior de la cabina. Asimismo, se evidenció una cobertura más amplia a los instrumentos de vuelo, navegación y del motor por parte del grupo de expertos. Los instrumentos de vuelo más relevantes para esta fase de vuelo fueron el velocímetro, el indicador Manifold y el horizonte artificial, que fueron visitados por el 95 % de los participantes. El altímetro fue visitado en menor proporción por el grupo de expertos y mostró menos importancia para los pilotos experimentados durante el aterrizaje en condiciones visuales.

Contrariamente a las expectativas, el tiempo empleado en la atención visual para esos cuatro instrumentos no reveló diferencias significativas entre los grupos; sin embargo, las condiciones de vuelo (turbulencia vs. óptimas) tuvieron efectos notables en la asignación de atención para ambos grupos de pilotos que podrían afectar el rendimiento humano durante la fase de aproximación y aterrizaje, debido a la reducción del tiempo empleado al interior de la cabina.



Por otro lado, los expertos emplearon un tercio más de tiempo mirando dentro de la cabina lo que sugiere una mayor asignación de atención a los parámetros de vuelo que se extraen de los instrumentos de vuelo. Por el contrario, los pilotos novatos y expertos pasaron el 85% y el 76% de tiempo respectivamente mirando fuera de la cabina, lo cual es consistente con las recomendaciones de la FAA para mantener una adecuada vigilancia del espacio aéreo. Aunque los expertos utilizaron menos tiempo fuera de la cabina, el área de transición entre la ventana frontal y los instrumentos de vuelo en la cabina fue visitada alrededor de un 50 % con más frecuencia por ellos, lo que evidencia un proceso de chequeo cruzado mucho más activo entre el ambiente externo y los instrumentos de vuelo.

A pesar de que el sistema visual no está directamente relacionado con el control de la aeronave y el proceso de monitoreo solo se clasifica como parte de las habilidades no técnicas del CRM, la asignación adecuada de la atención visual mejora la percepción y procesamiento de los datos críticos disponibles requeridos en la cabina para comprender el estado actual y proyectar el estado futuro de la trayectoria de vuelo. Por tanto, una mejor comprensión del patrón sistemático seguido por los pilotos en su chequeo cruzado podría reducir errores, mitigar problemas operacionales e incrementar la seguridad aérea.

Con el fin de proporcionar un diagnóstico general y retroalimentación con respecto al rendimiento visual de los participantes en la ejecución del experimento, esta investigación desarrolló un informe individual para cada uno de ellos, que incluyó mapas de calor y gráficos de sacadas y visitas de los diferentes vuelos realizados, así como el resumen de las métricas analizadas (duración en AI, tiempo de fijación y número de visitas). Asimismo, esta investigación confirmó hallazgos de previos estudios, contribuyó a la comprensión del proceso de monitoreo en la fase de aproximación y aterrizaje en condiciones visuales, y proporcionó una serie de evidencias relacionadas con el proceso de escaneo de los pilotos dentro y fuera de la cabina en función de la experticia, que previamente no había sido abordado mediante esta metodología en un simulador de vuelo.

Con respecto a los factores técnicos relacionados con el análisis de la información, una serie de limitaciones deben ser consideradas, ya que a pesar de que el experimento se desarrolló para condiciones diurnas y nocturnas, en combinación con condiciones óptimas y de turbulencia para ambos grupos de experticia, se contempló el análisis únicamente para condiciones visuales. Por tal motivo, el análisis de la totalidad de los datos extraídos durante este estudio preliminar se limitó a un estudio de estadística

inferencial ANOVA de 2 vías, en lugar de un ANOVA de 3 vías, debido a que los datos extraídos no presentaban una distribución normal e igualdad de varianzas. Por lo tanto, la información obtenida para condiciones nocturnas fue descartada en el estudio. Esta información podrá ser analizada por separado en una futura investigación utilizando un análisis ANOVA de 2 vías o incluso un ANOVA de 3 vías, a través del empleo del modelo mixto lineal generalizado con distribución de Poisson.

Por otro lado, el equipo de rastreo ocular utilizado en esta investigación ofreció ventajas significativas en comparación con otros equipos utilizados en previas investigaciones, debido a sus mejoras en ergonomía permitiendo una interacción mucho más amigable con el usuario. Por otro lado, las capacidades del software para la extracción y análisis de la información facilitaron la conversión de las métricas fisiológicas en valores cuantitativos. Sin embargo, algunos participantes mostraron alta sensibilidad a los cambios de iluminación durante la ejecución de las grabaciones, lo que provocó una reducción de la calidad de las muestras obtenidas. Por tanto, la homogeneidad de los datos registrados por el equipo fue un requisito fundamental para obtener resultados objetivos, lo cual obligó a realizar un procedimiento de calibración después de cada medición, con el fin de obtener datos confiables para el respectivo análisis y asegurar la validez interna de la investigación.

Es fundamental tener en cuenta que los resultados de esta investigación fueron obtenidos en un simulador de vuelo genérico Frasca 242, bajo los mismos parámetros de vuelo y escenarios controlados para cada participante, lo cual permitió generar las condiciones propicias para analizar el comportamiento del sistema visual de los pilotos en la fase de aproximación y aterrizaje. Además, el simulador de vuelo tuvo la ventaja de evaluar a los pilotos en condiciones turbulentas controladas, permitiendo la reproducción de este escenario de manera fiable y controlada para los análisis estadísticos. Todas estas consideraciones aseguraron que el diseño del experimento cumpliera con las condiciones del principio de causa y efecto, y por consiguiente obteniendo la validez interna durante las observaciones y los resultados.

A pesar de que los simuladores replican las condiciones ambientales y parámetros de vuelo, las especificaciones técnicas de estos podrían producir efectos diferentes en el participante con respecto a la experiencia que perciben en un escenario real de vuelo, ya que los constantes cambios de actitud, potencia y ajustes de las superficies de control realizadas por el piloto, así como los efectos de las condiciones ambientales, pueden estimular los sistemas vestibular y somatosensorial, y por lo tanto podrían

influenciar en el comportamiento del sistema visual. El simulador de vuelo utilizado en esta investigación tiene este tipo de limitaciones técnicas, ya que carece de movimiento. Por tal motivo, un estudio en vuelo real en una futura investigación con similar metodología sería una opción ideal para validar o complementar los resultados obtenidos en el simulador. Los hallazgos encontrados podrían generalizarse al entorno y a las situaciones en las que el fenómeno de este estudio ocurriría naturalmente, y entonces la validez ecológica se mejoraría ampliamente. Es importante destacar que el uso de dispositivos de rastreo ocular como los usados en este estudio, no perturbaron la actividad de los participantes en el simulador y tienen la capacidad de operar en condiciones de vuelo real para futuras investigaciones, sin incrementar el riesgo en la operación.

Se hace necesaria una mayor investigación en este campo, para analizar y comprender mejor la atención visual del piloto en la cabina de mando con equipos de rastreo ocular que pudiera incorporar sistemas con sensores hápticos en las manos, con las cuales los pilotos accionan y operan los diferentes controles e interruptores para entender desde una perspectiva más amplia su comportamiento y rendimiento. Esta integración podría constituir una valiosa fuente de información para medir y evaluar de manera cuantitativa las habilidades no técnicas relacionadas con el proceso de monitoreo cruzado y alerta situacional, tal como sugiere la Autoridad Aeronáutica Australiana CASA (2014).

Adicionalmente, este campo de ingeniería de factores humanos ofrece una amplia gama de análisis y evaluación del rendimiento visual en el campo de la aviación que se puede ampliar a diferentes procesos de monitoreo (i.e. pasivo, activo, periódico, predictivo), niveles de rendimiento (basados en habilidades, normas o conocimiento), condiciones de vuelo (VFR, IFR, acrobacia, formación), fases de vuelo (despegue, ascenso, vuelo a nivel, etc.) o relacionados con procedimientos normales así como para análisis de fallas. En esta diversidad de escenarios, la asignación de atención y la carga de trabajo varía sustancialmente, lo cual permitiría la generación de nuevo conocimiento. Por último, y considerando las deficiencias de vuelo en individuos particulares, la aplicación de esta tecnología podría establecer el rendimiento de la atención visual de un sujeto durante la ejecución de una tarea o procedimiento específico, con el fin de proporcionar un diagnóstico que permita comprender posibles causas que generan bajo rendimiento que haya sido detectado previamente.

Referencias

- ATSB. (2004). *Limitations of the See-and-Avoid Principle*. Retrieved from https://www.atsb.gov.au/media/4050593/see_andavoid_report_print.pdf
- ATSB. (2016). *Aviation Occurrence Statistics: 2004-2016*. Retrieved from https://www.atsb.gov.au/media/5474110/ar2014084_final.pdf
- Bellenkes, A. H., Wickens, C. D., & Kramer, A. F. (1997). Visual scanning and pilot expertise: the role of attentional flexibility and mental model development. *Aviation, space, and environmental medicine*.
- Bureau of Air Safety Investigation. (2006). *Human Factors in fatal aircraft accidents*. Retrieved from https://www.atsb.gov.au/media/28363/sir199604_001.pdf
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision research*, 51(13), 1484-1525.
- CASA. (2007). *Human factors analysis of Australian aviation accidents vs. USA*. Retrieved from <https://www.atsb.gov.au/media/29953/b20040321.pdf>
- CASA. (2013). *Aviation Occurrence Statistics 2004-2013*. Retrieved from https://www.atsb.gov.au/media/5474110/ar2014084_final.pdf
- CASA. (2014). *Teaching and assessing non-technical skills for single pilot operations*. Retrieved from https://www.casa.gov.au/sites/g/files/net351/f/_assets/main/newrules_parts/061/download/draft-ac61-08.pdf
- CASA. (2015). *Aerial application safety 2014 2015*. Retrieved from https://www.atsb.gov.au/media/5313607/Aerial%20application%20safety_2014%202015.pdf
- Civil Aviation Authority. (2002). *Flight Crew Training Cockpit Resource Management (CRM)*. Retrieved from <http://publicapps.caa.co.uk/modalapplication.aspx?appid=11&mode=detail&id=664>
- Colvin, K., Dodhia, R. M., Belcher, S., & Dismukes, K. (2004). *Scanning for visual traffic: An eye tracking study*. San Jose State University NASA Ames Research Center.
- Dehais, F., Causse, M., & Pastor, J. (2008). *Embedded eye tracker in a real aircraft new perspectives on pilot aircraft interaction monitoring*.
- Duchowski, A. (2007). Eye tracking methodology: Theory and practice. *Springer Science & Business Media*, 373.
- Dyer, A. G., Found, B., Merlino, M. L., Pepe, A. L., Rogers, D., & Sita, J. C. (2014). Eye movement evaluation of signature forgeries:



- Insights to forensic expert evidence. *Current Trends in Eye Tracking Research*, 211-223. Springer.
- Eurocontrol. (2016). *Cross-Checking Process*. Retrieved from http://www.skybrary.aero/index.php/Cross-checking_Process
- FAA. (2004). *Airplane Flying Handbook*. Retrieved from <http://large.stanford.edu/courses/2013/ph240/eller1/docs/FAA-H-8083-3B.pdf>
- FAA. (2014). *Aeronautical Information Manual*. Retrieved from https://www.faa.gov/air_traffic/publications/media/AIM_Basic_dtd_10-12-17.pdf
- Flin, R. (2010). CRM (nontechnical) skills-applications for and beyond the flight deck. *Crew Resource Management*, 181-204.
- Fouse, A. S., Weibel, N., Hutchins, E., & Hollan, J. D. (2011). *ChronoViz A System for Supporting*. Retrieved from <http://hci.ucsd.edu/hollan/Pubs/p299-fouse.pdf>
- Gaur, D. (2005). *Human factors analysis and classification system applied to civil aircraft accidents in India*. Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/asma/ase/2005/00000076/00000005/art00015>
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., & Säljö, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23(4), 523-552.
- Gibb, R., & Gray, R. (2016). *Aviation visual perception: Research, misperception and mishaps*. Routledge.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534-537.
- Harris, D. (2011). *Human performance on the flight deck*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Henderson, J. M., Brockmole, J. R., Castelano, M. S., & Mack, M. (2007). Visual saliency does not account for eye movements during visual search in real-world scenes. *Eye movements: A window on mind and brain*, 537-562.
- Itti, L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision research*, 40(10), 1489-1506.
- Kasarskis, P., Stehwien, J., Hickox, J., Aretz, A., & Wickens, C. (2001). *Comparison of expert and novice scan behaviors during VFR flight*. Paper presented at the Proceedings of the 11th International Symposium on Aviation Psychology.
- Katoh, Z. (1997). Saccade amplitude as a discriminator of flight types. *Aviation, space, and environmental medicine*, 68(3), 205-208.
- Kramer, A., Tham, M., Konrad, C., Wickens, C., & Lintern, G. (1994). *Instrument scan and pilot expertise*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings.
- Kustov, A. A., & Robinson, D. L. (1996). *Shared neural control of attentional shifts and eye movements*.
- Land, M. F., & Lee, D. N. (1994). Where do we look when we steer. *Nature*.
- Land, M. F., & McLeod, P. (2000). From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. *Nature neuroscience*, 3(12), 1340-1345.
- Land, M. F., & Tatler, B. W. (2001). Steering with the head: The visual strategy of a racing driver. *Current Biology*, 11(15), 1215-1220.
- Leedy, P., & Ormrod, J. (2015). *Practical Research*. Pearson Ed. 11 ed.
- NASA. (2017). *Flight cognition laboratory*. Retrieved from <https://human-factors.arc.nasa.gov/ihs/flightcognition/research.html>
- Nodine, C. F., Mello-Thoms, C., Kundel, H. L., & Weinstein, S. P. (2002). Time course of perception and decision making during mammographic interpretation. *American Journal of Roentgenology*, 179(4), 917-923.
- Senso Motoric Instruments. (2011). *Basic definition of terms-SMI2*. Retrieved from https://www.smivision.com/wp-content/uploads/2016/10/smi_flyer_connected_gaze-motion.pdf
- Shapiro, K., & Raymond, E. (1989). *Training efficient oculomotor strategies enhances skill acquisition*.
- Tatler, B. W. (2014). Eye movements from laboratory to life. *Current trends in eye tracking research*, 17-35. Springer.
- Tobii Pro. (2016). *Tobii Pro Glasses 2 User Manual*.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, 12(1), 97-136.
- Weibel, N., Fouse, A., Emmenegger, C., Kimmich, S., & Hutchins, E. (2011). *Let's look at the cockpit: Exploring , mobile eye-tracking for observational research on the flight deck*.
- Wickens, C. D., Kasarskis, P., Stehwien, J., Hickox, J., & Aretz, A. (2001). *Comparison of expert and novice scan behaviors during VFR*.



MANEJO DEL RUIDO EN LAS TRIPULACIONES DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA EN LAS ÚLTIMAS DOS DÉCADAS¹

MANAGEMENT OF NOISE IN COLOMBIAN AIR FORCE CREW IN THE LAST TWO DECADES²

MANEJO DO BARULHO NAS TRIPULAÇÕES DA FORÇA AÉREA COLOMBIANA NAS ÚLTIMAS DUAS DÉCADAS³

Luz Caputo Silva⁴, María Alejandra Correa Guarín⁵
Fuerza Aérea Colombiana. Bogotá, Colombia.

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 46-53

Recibido: 16/02/2016

Aprobado por evaluador: 27/02/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.585>



Para citar este artículo:

Caputo, L. y Correa, M. A. (2018). Manejo del ruido en las tripulaciones de la Fuerza Aérea Colombiana en las últimas dos décadas. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 46-53. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.585>.

¹ Artículo de reflexión que recoge los resultados de un estudio descriptivo de los pacientes atendidos en el Centro de Medicina Aeroespacial de la Fuerza Aérea Colombiana. Este proyecto pertenece a la línea de investigación en Factores Humano de MAESO

² Reflection article that collects the results of a descriptive study of patients treated in the Centre of Air Spatial Medicine of the Colombian Air Force. This project belongs to the research line in Human Factors.

³ Artigo de reflexão que coleta os resultados de um estudo descritivo dos pacientes atendidos no Centro de Medicina Aeroespacial da Força Aérea Colombiana. Este projeto pertence à linha de pesquisa de Fatores Humanos.

⁴ Profesional Audióloga con Especialización en docencia Universitaria. Trabajó en la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: luzacaputo@hotmail.com

⁵ Profesional con Especialización en Otorrinolaringología con entrenamiento en Medicina Aeroespacial y capacitación en Docencia universitaria e Investigación. Otorrinolaringóloga de la Fuerza Aérea Colombiana. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: correa10aleja@yahoo.com

Resumen: el ruido es un factor importante de contaminación auditiva en la actividad laboral, al identificarlo en la Fuerza Aérea de Colombia desde hace 20 años se inician la implementación de programas para la conservación auditiva, el objetivo de este estudio de revisión es comparar los resultados obtenidos en los diversos reportes durante este periodo para observar los cambios presentados en la población durante este tiempo con los programas implementados y su impacto en la población de tripulantes de la Fuerza Aérea de Colombia, determinando el comportamiento de la hipoacusia inducida por ruido y el uso de protectores auditivos y el autocuidado en el lugar de trabajo y fuera de él. Los resultados observado con las comparaciones y la descripción de los datos obtenidos se observa una disminución en la hipoacusia inducida por ruido, aunque está apareciendo a una edad más temprana, se encuentran otras patologías relacionadas con el vuelos y se resalta la efectividad de los programas de conservación auditiva observados en la conciencia de la población en el uso de protectores auditivos.

Palabras clave: cambios de presión, hipoacusia, prevención auditiva, protectores auditivos, ruido.

Abstract: Noise pollution is an important factor of interruption at work. Having identified it in the Colombian Air Force for 20 years, they such an institution has implemented programs for hearing conservation. The objective of this review study is to compare the results obtained in the diverse reports during this period in order to observe the changes presented in the population during this time with the implemented programs and their impact in the population of Colombian Air Force crew, determining the behavior of hearing loss induced by noise and the use of auditory protectors, as well as self-care in and out of working places. The results observed with the comparisons and the description of the obtained information show a decrease in hearing loss induced by noise. Nonetheless, although hearing loss is appearing at early age, other patologies related to the flights are found; the effectiveness of the hearing conservation programs is highlighted and observed in the daily use of auditory protection.

Keywords: Pressure change, hearing loss, hearing conservation, ear protector, noise.

Resumo: O barulho é um fator importante de contaminação auditiva na atividade laboral, ao identificá-lo na Força Aérea Colombiana há 20 anos inicia-se a implantação de programas para a conservação auditiva, o objetivo deste estudo de revisão é comparar os resultados obtidos nos vários relatórios durante este período para observar as mudanças apresentadas na população durante este período com os programas implementados e seu impacto na população de membros da tripulação da Força Aérea Colombiana, determinando o comportamento da hipoacusia induzida por barulho e o uso de protetores de audição e o autocuidado na área de trabalho e fora dele. Os resultados observados com as comparações e a descrição dos dados obtidos observa-se uma diminuição na hipoacusia induzida por barulho, embora esta aparecendo em uma idade ainda mais jovem, outras patologias relacionadas com os voos são encontradas e destaca-se a eficácia dos programas de conservação auditiva observados na consciência da população quanto ao uso de protetores auriculares.

Palavras-chave: alterações de pressão, hipoacusia, prevenção auditiva, protetores auditivos, barulho.

Introducción

El ruido se define como toda sensación desagradable o molesta para el oído o todo sonido no deseado. Este estímulo produce alteraciones en la vía auditiva. Cuando se habla de hipoacusia inducida por ruido se hace referencia a un problema generado por la exposición a ruido de alta intensidad en forma única o continua, se puede asociar con la actividad laboral, especialmente en el área aeronáutica de la Fuerza Aérea de Colombia, debido a esto y al buscar formas de minimizar estos efectos desde hace 20 años se implementaron programas y capacitaciones referentes al cuidado auditivo en el trabajo. Se plantea a través de este artículo describir el comportamiento de hipoacusia en la población de la Fuerza Aérea durante este periodo de tiempo, a través de la descripción y comparación de los datos obtenidos de las estadísticas encontradas. De esta manera resaltar la importancia de los programas de promoción y prevención auditiva y su impacto en la población en el autocuidado auditivo y el manejo del ruido en la población y otras patologías auditivas relacionadas con el vuelo.

El ruido cuando tiene una intensidad superior a 85 dB es desagradable y molesta. Este estímulo produce alteraciones en la vía auditiva. Cuando se habla de hipoacusia inducida por ruido se hace referencia a un problema generado por la exposición a ruido de alta intensidad en forma única o de exposición continua, originando lesiones a nivel del oído interno en las células ciliadas, ocasionando daños como la pérdida progresiva de las células ciliadas externas por microtrauma, cambios en el metabolismo celular que lleva a apoptosis celular, pérdida de la capacidad de despolarización neuronal, alteración en la propagación del estímulo y destrucción de estructuras por macrotraumas acústicos (Hernández, 2006), generando alteraciones en la transducción del sonido y como resultado la modificación en la capacidad auditiva, alterando la comunicación.

Hay enfermedades sistémicas y hábitos que pueden influenciar la susceptibilidad individual en el origen de las lesiones que generan la hipoacusia inducida por ruido, entre ellas están: enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipercolesterolemia, ingesta de medicamentos ototóxicos (antibióticos, diuréticos, salicilatos, quimioterapia), tabaquismo, exposición a monóxido de carbono (Sánchez y Caputo, 2000). Así mismo, se ha identificado una labilidad individual asociada a aspectos hereditarios y genético (Goyo, 2015).

Otros efectos sistémicos que produce el ruido, a partir de intensidades mayores a 50 dB son: trastornos del sueño, hipertensión arterial, taquicardia, taquipnea alterando el desempeño físico y psicológico (Rivera, 2013; Hernández, 2006). Puede afectar el sistema nervioso central y periférico desencadenando efectos nocivos en el comportamiento

del individuo, intranquilidad, inquietud, ansiedad, depresión y rabia.

Durante la jornada laboral a ruido constante, con intensidades de 55 dB o más, se presentan interferencias en la comunicación, requiriendo el aumento en la intensidad conversacional, para que el lenguaje oral sea discriminado adecuadamente es necesario que su intensidad supere los 15 dB al ruido de fondo. De esta manera un ruido superior a 55 dB provocará dificultad en la comunicación oral, y a partir de 65 dB de ruido la conversación se torna extremadamente difícil, elevando el volumen de la fuente, creando así una mayor contaminación sonora sin lograr una comunicación adecuada (Rivera, 2013). El ruido de fondo se define como cualquier sonido que se produce en forma simultánea a otra emisión acústica, el cual puede enmascarar o alterar las comunicaciones, produciendo alteración en discriminación del lenguaje, lo que afecta la comunicación durante el desempeño laboral. Motivo por el cual la audición y su protección es fundamental en las actividades de aviación.

El ruido laboral se denomina a la contaminación acústica que se genera en el lugar de trabajo, y como hemos mencionado, afecta a los trabajadores, siendo motivo de discapacidad.

En Colombia se inicia la legislación con la aparición de la Ley 9 de 1979, con el término de "Salud Ocupacional", y se dictan las primeras medidas sanitarias a las empresas. En 1984 se disponen planes y políticas de salud modificando su objetivo desde un punto de vista curativo a uno preventivo. En 1986 la Organización Panamericana de la salud inició la utilización de la definición de medicina ocupacional o laboral, así:

Conjunto de conocimiento científicos y de técnicas destinadas a promover, proteger y mantener la salud y el bienestar de la población laboral a través de medidas dirigidas al trabajador, a las condiciones, ambiente de trabajo y a la comunidad, mediante la identificación, evaluación y control de la condiciones y factores que afectan la salud, con participación y cooperación de los trabajadores, empresarios, sectores gubernamentales y todas las instituciones involucradas. (Gomero, Zeballos, 2006; Lizarazo, Fajardo, Berrio y Quintano, 2011)

Desde 1990 a 1995 el objetivo esencial del plan de salud ocupacional nacional era reducir la ocurrencia de accidentes de trabajo y la aparición de enfermedades de origen ocupacional. Se creó el "sistema general de riesgos profesionales", donde su objetivo básico es proteger al trabajador (Lizarazo, Fajardo, Berrio y Quintano, 2011)



En el Centro de Medicina Aeroespacial (CEMAE), desde 1995, se empezaron a desarrollar e implementar programas con mayor efectividad y cobertura al personal de vuelo, con el objetivo de prevenir enfermedades y mantener la salud auditiva, para así empezar a dar cumplimiento a estos requisitos en el campo laboral implementado por el gobierno.

Estas políticas de prevención y promoción de salud en la Fuerza Aérea, se efectuaron especialmente en el Centro de Medicina Aeroespacial, sitio de control del personal de vuelo, además, se iniciaron estudios de investigación encaminados a la caracterización de la población para enriquecer los programas de prevención y promoción del personal del vuelo. En el Encuentro de Medicina de las Fuerzas Aéreas Americanas (MEDFA) realizado en Bogotá, se presentó el trabajo de incidencia de hipoacusias en el personal de vuelo de la Fuerza Aérea de Colombia, donde se evidenció un 34 % de hipoacusias inducidas por ruido en tripulantes, siendo un patrón de referencia para la aptitud psicofísica de los evaluados que tanto podrían afectar sus actividades laborales (Henao, 1993).

Con este panorama en la industria aeronáutica y el ambiente militar, en donde se identifica al ruido como un factor importante en el ambiente laboral, siendo una contaminación relevante, se reafirma la importancia de los programas de prevención y promoción auditiva, desde el ingreso a las escuelas de formación hasta la culminación de la etapa laboral, se implementan seguimientos, controles al personal para optimizar su estado de salud.

El desarrollo de este programa en la Fuerza Aérea Colombiana en los primeros 10 años se ve reflejado con el programa llevado a cabo por parte de los profesionales de fonoaudiología, los cuales se desplazaban a las unidades militares, desarrollando los siguientes puntos:

1. Capacitación mediante conferencias, materia visual y didáctica individual (afiches y folletos).
2. Elaboración de protectores auditivos a la medida con silicona INSTA-MOLD (primera silicona utilizada para protectores desde 1970).
3. Realización de audiometrías periódicas en el Centro de Medicina Aeroespacial, con entrega de protectores auditivos de espuma.

Este programa llevó a la concientización de la población de los riesgos y el cuidado que deben tener en el campo laboral. Viéndose reflejado con la utilización en masa de los protectores auditivos.

Los protectores auditivos son elementos de protección individual, cuya función es la atenuación del sonido,

reduciendo los efectos del ruido. Hay diferentes tipos de protectores: de diadema, adaptados al casco y de inserción, entre ellos están de espuma, caucho y silicona (ver figura 1).



Figura 1. (a) Protectores de caucho; (b) Protectores de espuma; (c) Protectores de silicona vulcanizada; (d) diadema
Fuente: recuperado de www.medop.es/contenidos/documentacion_tecnica/.../Formacion_Auditiva_Medop.pdf

El objetivo del uso de los protectores auditivos es atenuar el ruido; los protectores de inserción de espuma atenuan entre 20 a 25 dB, los de silicona de 25 a 30 dB y el uso combinado de protectores de inserción y de diadema 40 dB.

Se busca que el material del protector auditivo se adapte al conducto auditivo externo con los cambios de presión durante el vuelo. La espuma es el material con mayor adaptabilidad, con relación a los protectores de silicona el manejo de la presión durante el vuelo se ha mejorado con el uso de válvulas sónicas y la vulcanización de la silicona, mejorando la adaptabilidad de ellos.

La importancia de la limpieza y mantenimiento de los protectores auditivos, nos dan una mayor durabilidad del protector y evitan infecciones del oído externo que son dadas por la humedad en el conducto auditivo externo, generadas por el clima, descamación de la piel, alergias. Se ha descrito que los protectores de caucho son los que más generan estas alteraciones, por lo cual no es recomendable la utilización de protectores para las tripulaciones aéreas.

Se recomienda mensualmente el cambio de los protectores auditivos de espuma si su uso es diario, para los protectores anatómicos de silicona el cambio es anual,

mientras el cambio para aquellos con material de silicona vulcanizada es de 3 a 5 años.

Según la bibliografía y con la recolección de la experiencia en los programas de conservación auditiva de la Fuerza Aérea Colombiana, se observó que los protectores auditivos de inserción de espuma eran los más maleables, limpios, menos molestos, de fácil adquisición, con menor incidencia de patología en el oído externo en la población de tripulantes (Caputo, 2004).

Con la información dada y con el objetivo de proteger al trabajador, la Fuerza Aérea Colombiana, en conjunto con salud ocupacional y seguridad aérea e industrial, crea un grupo para el manejo integral de los trabajadores con factores de riesgo laboral como el ruido, constituido por el personal médico, especialistas en salud ocupacional e ingenieros de las áreas involucradas. Uno de los resultados de este trabajo es la implementación en el ámbito militar de la protección auditiva en las actividades laborales. Viéndose reflejado en la metodología de concientización del uso de protectores auditivos, con las siguientes frases: "todo el día y todos los días" y "los protectores auditivos hacen parte del uniforme".

Según la estadística hallada en estudios en la Fuerza Aérea, se encontró una incidencia de hipoacusia en el personal de vuelo del 34 % (Heno, 1993), posteriormente se evidenció un porcentaje del 6 % de hipoacusia en el personal de vuelo, observando una disminución del 28 % de la incidencia de hipoacusia en la población estudiada (Caputo, 2004, Sánchez, Caputo, 2000). Los anteriores datos son

de relevancia, en donde se refleja la evolución satisfactoria en este aspecto (ver figura 2).

Metodología y resultados

Se realizó un estudio descriptivo de los pacientes atendidos en el Centro de Medicina Aeroespacial en los últimos 10 años. Tomando como base de datos los registros estadísticos y procesándolos con el programa estadístico SPSS, se halló que se atendían un promedio anual de 1629 pacientes, entre ellos se encontró una hipoacusia inducida por ruido de un 5 %. Se compara con los datos obtenidos con los estudios referenciados, observando una disminución en la incidencia hipoacusia en la población.

Otro dato de relevancia encontrado es que la hipoacusia fue unilateral, con mayor afectación en el oído izquierdo. La hipoacusia aparece entre los 5 a 10 años de estar laborando, estando de acuerdo con los datos estadísticos encontrados, aunque en los últimos años este comportamiento ha tenido cambios, con una aparición más temprana de la hipoacusia en el nuevo personal militar; esto puede asociarse al uso indiscriminado de aparatos tecnológicos como celulares, iPod y otros, utilizados constantemente desde la niñez, a intensidades sonoras superiores a 85 dB que unidas a los primeros años de exposición a ruido laboral, revelan una posible patología auditiva precoz, esto se sustenta con base en los estudios realizados por Babish y Davis en el 2014, donde reportan un 66 % de adultos jóvenes con alteraciones auditivas o acufenos temporales por exposición a ruido, generado en clubes nocturnos, conciertos y uso de aparatos electrónicos.

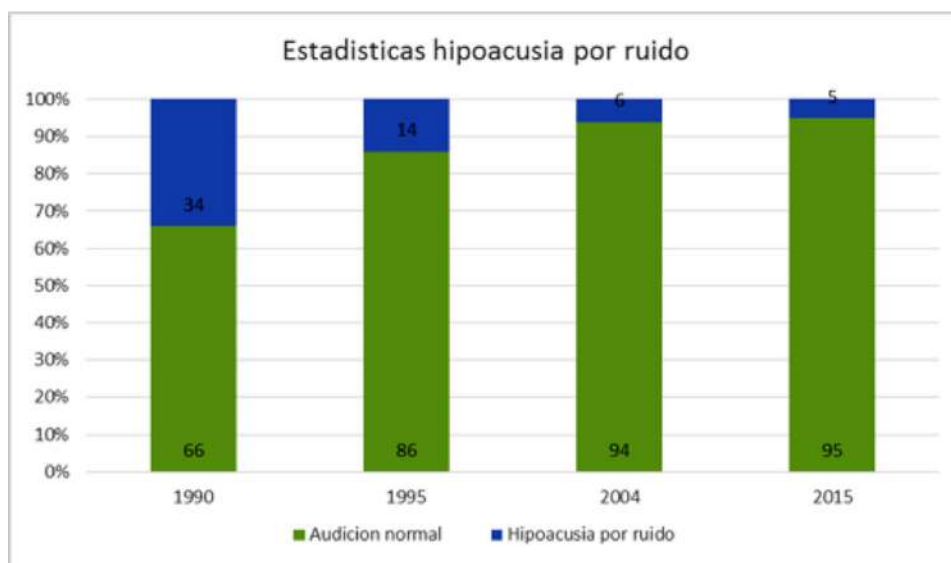


Figura 2. Comparación de hipoacusia inducida por ruido desde 1990

Fuente: elaboración propia



Esta tendencia se corrobora con los datos obtenidos a través del personal que se presenta a las escuelas de formación, de estos un 2 % entre los 17 y 26 años presentan hipoacusia en el examen, estos datos pueden explicarse con lo referido en el estudio de Babish y Davis en el 2014.

Los resultados obtenidos de los programas de prevención auditiva, además de manejar la contaminación por ruido en el lugar de trabajo, llevaron a un impacto a nivel de las actividades lúdicas del personal perteneciente a la Fuerza aérea. Los programas han continuado siendo base fundamental en la salud operacional y programas de seguridad aérea, incentivando el control audiométrico periódico, capacitaciones y el uso de protectores auditivos a través del Centro de Medicina Aeroespacial. La frase utilizada actualmente para continuar con la concientización de la conservación auditiva es: "cada uno es dueño de su propio organismo, cuídelo".

El desarrollo tecnológico en la mejoría de la protección auditiva y comunicaciones en el medio aeronáutico se evidencia con la aparición de auriculares con cancelación de ruido (Catalán, 2011). Estos auriculares pueden ser: de ruido pasivo, que bloquean el ruido de fondo para disminuir el estímulo al oído, simulan estar en una habitación tranquila para alejarse del sonido, similar a una cámara sonomortiguada recibiendo solo el sonido que se genera de los equipo de comunicaciones o reproductores; y los auriculares de cancelación de ruido activo, los cuales requieren de una batería para accionar un pequeño micrófono exterior que recoge la muestra del ruido de fondo y produce un sonido opuesto en los auriculares para cancelar el ruido, estos no son tan efectivos como los auriculares de ruido pasivo, ya que producen un silbido al cancelar el ruido no deseado, sin embargo filtra el ruido permanente como el de un motor de avión. Las ventajas de estos auriculares con cancelación de ruido es que permiten mantener la comunicación oral, son más ligeros y pequeños en el diseño (Bose, 2015) (Rodríguez, 2013). Estos auriculares ya han sido incorporados en algunas aeronaves o son adquiridos por las tripulaciones según sus necesidades personales para su autocuidado auditivo (ver figura 3).



Figura 3. Auriculares de cancelación

Fuente: recuperado de www.medop.es/contenidos/documentacion_tecnica/.../Formacion_Auditiva_Medop.pdf

Otro factor que afecta el funcionamiento del sistema auditivo es el disbarismo. Definido por las alteraciones de los gases, como consecuencia de los cambios de la presión atmosférica, se produce en las cavidades del organismo, en este caso el oído. Con base en la ley de Boyle-Marriot que establece que: a temperatura constante el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión que se ejerce sobre dicho gas, es decir que, con el ascenso en vuelo al reducirse la presión atmosférica, el aire se expande para ocupar mayor volumen (Amezcuca, 2011).

En tierra el aire del oído medio se mantiene en equilibrio con el exterior y la membrana timpánica se mantiene en su posición, durante el ascenso en vuelo la presión atmosférica va disminuyendo progresivamente y la presión que está dentro del oído es mayor, creando una diferencia de presión que empuja la membrana timpánica hacia afuera, provocando una sensación de oído tapado cuando esta presión diferencial alcanza 15 mmHg, en un ascenso de 500 a 1000 pies, la disminución de la sensación de oído tapado, se logra con la salida forzada del gas que está en el oído medio a través de la trompa de Eustaquio, con el fin de disminuir o eliminar la diferencia de presiones, regresando la membrana timpánica a la posición original. Si el ascenso continúa, este cambio se produce cada 500 a 1000 pies, de manera automática (Amezcuca, 2011).

Durante el descenso se produce el efecto contrario, es decir, debido a que la presión atmosférica va aumentando la membrana timpánica se retrae por la presión diferencial creada, esta vez la presión atmosférica es mayor, para el equilibrio de las presiones en el oído el aire tiene que entrar de la rinofaringe al oído medio a través de la trompa de Eustaquio, lo cual no puede realizarse a menos que esta se abra, ya que normalmente permanece cerrada, para lograr su apertura y permitir el paso de aire se requiere de movimiento de masticación, bostezo o deglución, por medio de los cuales los músculos faríngeos llevan a la apertura de la trompa y se equilibran las presiones, este proceso no es automático sino que requiere de movimientos activos para realizarlo. En ocasiones estos movimientos no son suficientes y se requieren de maniobras para crear una presión positiva de aire en la rinofaringe, y así forzar la apertura de la trompa de Eustaquio y permitir el paso de aire al oído medio. Estas son:

- Maniobra de Válsala, en la cual se ocluye la nariz, se cierra la boca y se sopla por la nariz, provocando así una hiperpresión en las vías respiratorias que lleva a la apertura de la trompa.
- Maniobra de Toynbee, en la cual boca y nariz se cierran y se deglute, el aire del oído se aspira, lo cual permite la apertura de la trompa.

- Maniobra de Frenzel, se deglute y oprime la lengua contra el paladar y al mismo tiempo se produce el sonido “ke”, de esta manera hay una hipertensión en la nasofaringe que fuerza la apertura de la trompa.
- Maniobras de masticación y bostezo, al combinar estas dos actividades intercaladas también se logra una apertura por los movimientos de la orofaringe (Amezcuca, 2011).

La trompa de Eustaquio, se encarga de equilibrar las presiones entre el oído medio y la presión atmosférica, su falla causa la alteración de presión en el oído medio durante el vuelo. (Correa, Caputo, 2009). Se estima que los síntomas producidos por esta alteración está entre el 10-30% del personal de vuelo y en pasajeros la incidencia es del 5% en adultos y un 25% en niños, es mayor en niños por diferencias anatómicas de la trompa de Eustaquio como: menor dimensión, menor inclinación, lo que causa dificultad para equilibrar las presiones. (Trifold, 2013).

La medida preventiva esencial para evitar cualquier tipo de complicación referente a los cambios de presión, es evitar volar con cualquier tipo de síntoma que genere inflamación de las vías respiratorias altas, alteraciones anatómicas del paladar, alteraciones en la movilidad de la membrana timpánica y obstrucciones de la trompa de Eustaquio.

Otra patología importante registrada son los barotraumas de aparición tardía, se presentan especialmente en pilotos que utilizan oxígeno durante el vuelo, se produce después de 4 a 6 horas posterior a terminar el vuelo, su fisiopatología se basa en la difusión celular del exceso de oxígeno, generando la sensación de oído tapado por aumento de la presión en el oído medio. Se recomienda en estos casos no dormir inmediatamente y realizar maniobras de trompa posterior al terminar el vuelo.

Estos eventos han contribuido a desarrollar capacitaciones tanto del personal de vuelo como del personal médico y paramédico en el manejo y prevención de esta patología (Correa y Caputo 2009) contribuyendo al desarrollo del Centro de Medicina Aeroespacial, como referente en las patologías de vuelo.

El desarrollo de la medicina ocupacional, basada en la promoción y prevención de las enfermedades de los trabajadores, en la Fuerza Aérea se evidencia a través de la implementación de programas con este objetivo, se ha observado en estos 20 años la estandarización, caracterización de la población, en riesgo con el control de la contaminación auditiva en el medio aeronáutico militar; este impacto se ve reflejado en la disminución de la incidencia de la hipoacusia

evidenciada en los datos presentados; se ha disminuido en un 14 % desde 1990, además se concientizó a la población del ruido en el ambiente laboral como lúdico y se estimuló el desarrollo de los programas con capacitaciones al personal médico y paramédico en este campo, acompañado del adelanto de investigaciones en este campo en la aviación militar. De igual forma, estos avances demuestran que un diagnóstico precoz y un seguimiento extenso en la población conyevan a buenos resultados El impulso en conservar la salud auditiva a las tripulaciones aéreas es vital para su desempeño laboral y para lograr efectivas operaciones aéreas. Con el objetivo de continuar en el proceso de avance en este campo, se continúa impulsando y mejorando esta iniciativa encaminada a cumplir las leyes de protección al trabajador dadas por el gobierno.

Referencias

- Amezcuca, L. (2011). Disbarismos. Efectos fisiológicos del vuelo. *Revista virtual*. España. Recuperado de <http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/3.-Fisiolog%C3%ADa-del-Vuelo-Hipoxia-Disbarismos-y-Aceleraciones.pdf>
- Bose. (2015). Auriculares-cancelación-ruido. España. Recuperado de https://www.bose.es/content/consumer_electronics/b2_c_catalog/worldwide/websites/es_es/product/proflight_hd.html
- Caputo, L. (2004). La audición y el ruido en la aviación. *Acta de otorinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 32(1)
- Catalán, D. (2011). *Determinación de la atenuación en dispositivos auditivos tipo orejera aplicados en la protección, comunicación y entretenimiento con control activo de ruido* (tesis para optar al grado académico de licenciado en Acústica y al título profesional de ingeniero civil acústico). Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfic357d/doc/bmfic357d.pdf>
- Correa, A., y Caputo, L. (2009). *Otros factores de riesgo en barotrauma en los tripulantes de la Fuerza Aérea Colombiana*. Bogotá.
- Gomero, R., Zevallos, C. (2006). Medicina del trabajo, medicina ocupacional y del medio ambiente y salud ocupacional. *Revista Hered* 17(2), 105-108.
- Henao, A. (1993). *Ruido e hipoacusia en el personal de vuelo de la Fuerza Aérea Colombiana*. Informe final XVIII comité de Medicina de las Fuerzas Aéreas Americanas (MEDFAA).
- Hernández, H., y Gutiérrez, M. (2006). *Hipoacusia inducida por ruido: estado actual*. Instituto Superior de Medicina Militar. Cuba.
- Lizarazo, C. G., y Fajardo, J. M., Berrio, S. y Quintano, L. (2011). Breve historia de la salud ocupacional en Colombia. *Revista Virtual Pro*. Recuperado <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/breve-historia-de-la-salud-ocupacional-en-colombia>



Rivera, P. (2013). Efectos del ruido sobre la salud. *Magazine Oír Audiología*. Colombia. Recuperado de <http://oiraudiologia.blogspot.com.co>.

Rodríguez, Paco. (2013). *Auriculares con cancelación activa del ruido. Cómo funcionan, ventajas e inconvenientes*. España. Recuperado de <https://www.xataka.com/audio/auriculares-con-cancelacion-activa-del-ruido-como-funcionan-ventajas-e-inconvenientes>

Sánchez, L., y Caputo, L. (2000). *Trauma acústico y prevención auditiva en la Fuerza Aérea Colombiana*. Informe final comité MEDFAA.

Webgrafía consultada

Alexandria, V. A. (2013). Medical Guidelines for Airline Passengers. Recuperado de <https://www.asma.org/asma/media/asma/Travel-Publications/paxguidelines.pdf>

Centro de Información del NIDCD. (Marzo de 2014). Pérdida de audición inducida por el ruido. Recuperado de <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/perdida-de-audicion-inducida-por-el-ruido>

Martínez, A. (29 de abril de 2008). Prehistoria [Mensaje en un blog]. Historia de la Salud Ocupacional. Recuperado de <http://historiadelasaludocupacional.blogspot.com/2008/04/prehistoria.html>

Royo, J. (21 de mayo de 2015). Ruido y Sociedad. [Comentario en un foro en línea]. Recuperado de <https://www.gaes.es/viviendoelsonido/foros/post/1485/>



DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA CALCULAR LOS NIVELES DE EMISIONES CONTAMINANTES EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS¹

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CALCULATING LEVELS OF POLLUTANT EMISSIONS
IN ALTERNATIVE INTERNAL COMBUSTION ENGINES²

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA CALCULAR OS NÍVEIS DE EMISSÕES
CONTAMINANTES EM MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTÃO INTERNA³

Luisa Fernanda Mónico Muñoz⁴, José Daniel Cabezas Paredes⁵, Sebastián Buitrago Triana⁶
Universidad de San Buenaventura. Bogotá, Colombia.

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 54-71

Recibido: 08/11/2017

Aprobado por evaluador: 09/04/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.586>



Para citar este artículo:

Mónico Muñoz, L. F., Cabezas Paredes, J. D. y Buitrago Triana, S. (2018). Desarrollo de una metodología para calcular los niveles de emisiones contaminantes en motores de combustión interna alternativos. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 54-71. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoder-aereo.586>

¹ Artículo de reflexión, derivado del proyecto de grado desarrollado en el pregrado de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad de San Buenaventura.

² Reflection article derived from the degree work developed in the undergraduate program of Aeronautic Engineering in Universidad de San Buenaventura.

³ Artigo de reflexão, derivado do projeto de graduação desenvolvido no curso de graduação em Engenharia Aeronáutica da Universidade de San Buenaventura.

⁴ Ingeniera Aeronautica. Doctorado en Sistemas Propulsivos en Medios de Transporte de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Docente de la Facultad de Ingeniería Universidad de San Buenaventura. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: lmonico@usb-bog.edu.co

⁵ Ingeniero Aeronáutico de la Universidad de San Buenaventura. Bogotá, Colombia.

⁶ Ingeniero Aeronáutico de la Universidad de San Buenaventura. Bogotá, Colombia.

Resumen: En este artículo se presenta un procedimiento que permite calcular teórica y preliminarmente los niveles de agentes contaminantes producidos por cualquier tipo de motor de combustión interna alternativo, con el fin de reducir los costos y recursos que trae consigo una prueba experimental para el mismo propósito.

El objetivo principal de este artículo es presentar el cálculo de los niveles de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y material particulado con un diámetro aerodinámico de 2.5 micrómetros, a partir de los parámetros geométricos y de operación de motores de combustión interna alternativo (MCIA), los cuales son utilizados en aeronaves y vehículos terrestres.

En primera instancia se presentan algunas de las investigaciones previas realizadas, las cuales se toman como punto de partida para calcular las emisiones contaminantes. Posteriormente se muestra el desarrollo llevado a cabo para encontrar la potencia de frenado, cuyo valor permite proporcionar un aporte importante al momento de hallar los niveles de contaminantes. Luego, se muestran los resultados obtenidos, los cuales son comparados con resultados de pruebas experimentales para determinar la confiabilidad de la metodología mediante un análisis ANOVA (*ANalysis Of VAriance*) y finalmente se presentan las respectivas conclusiones.

Palabras clave: Ciclo Otto, ciclo Diesel, dióxido de nitrógeno, material particulado, motor de combustión interna alternativo, óxido de nitrógeno.

Abstract: This article presents a procedure that allows to theoretically and preliminarily calculate the levels of pollutants produced by any type of alternative internal combustion engine in order to reduce the costs and resources that brings an experimental test for the same purpose.

The main objective of this study is to present the calculation of the levels of carbon dioxide, nitrogen oxides, and particulate material with an aerodynamic diameter of 2.5 micrometers, based on the geometrical and operation parameters of alternative internal combustion engines (MCIA), which are used in aircrafts and land vehicles.

First of all, some of the previous investigations that were performed are presented, which are taken as a starting point to calculate the polluting emissions. Subsequently, the development carried out to find the braking power is shown, which value provides an important contribution when finding the levels of pollutants. Then, the results obtained are shown, which are compared to experimental test results to determine the reliability of the methodology through an analysis of variance –ANOVA. Finally, conclusions are presented.

Keywords: Otto Cycle, Diesel Cycle, Nitrogen Dioxide, Particulate Material, Alternative Internal Combustion Engine, Nitrogen Oxide.

Resumo: Neste artigo apresenta-se um procedimento que permite calcular teoria e preliminarmente os níveis de poluentes produzidos por qualquer tipo de motor de combustão interna alternativa, a fim de reduzir os custos e os recursos que traz consigo uma prova experimental para a mesma finalidade.

O principal objetivo deste artigo é a de apresentar o cálculo dos níveis de dióxido de carbono, óxidos de azoto e material particulado com um diâmetro aerodinâmico de 2,5 micrómetros, a partir dos parâmetros geométricos e de operação de motores de combustão interna de funcionamento alternativo (MCIA), os quais são usados em aeronaves e veículos terrestres.

Em primeiro lugar, apresentam-se algumas das investigações previas realizadas, as quais são tomadas como ponto de partida para o cálculo das emissões poluentes. Posteriormente, é mostrado o desenvolvimento feito para encontrar a potência de frenagem, cujo valor permite fornecer uma contribuição importante no momento de encontrar os níveis poluentes. Logo após, amostram-se os resultados obtidos, os quais são comparados com os resultados dos testes experimentais para determinar a confiabilidade da metodologia a través de uma análise ANOVA (*ANalysis Of VAriance*) e, finalmente, apresentam-se as respectivas conclusões.

Palavras-chave: Ciclo Otto, ciclo Diesel, dióxido de nitrogênio, material particulado, motor de combustão interna alternativa, óxido de azoto.

Introducción

La polución del aire es uno de los problemas más graves que sufre el mundo actual, dado que es uno de los más grandes causantes de costos de salubridad junto con de la contaminación hídrica, catástrofes naturales y enfermedades. La medición de niveles de emisiones contaminantes tales como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado son obtenidas normalmente de forma experimental. Puede parecer que un solo motor de combustión interna no es tan nocivo; sin embargo, el problema radica en el gran número de estos que se encuentran operando en aeronaves y vehículos terrestres. Por ello, actualmente los esfuerzos por conocer el comportamiento de un motor en términos de generación de emisiones contaminantes, van desde pruebas experimentales, hasta el cálculo de emisiones contaminantes mediante factores de emisión y factores de carga. Según los modelos informáticos que West y su equipo han desarrollado, hay más de 2 millones de muertes cada año causadas por la contaminación de partículas finas o PM_{2.5} provenientes de la quema del combustible en los coches, de algunas industrias y otras fuentes (Sanz, 2017).

Con base en lo anterior, surge la necesidad de calcular los niveles de óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono y material particulado (PM_{2.5}) producidos por motores de combustión interna a partir de sus parámetros de operación, incluso desde etapas tempranas de diseño, evitando elevados costos de manufactura y permitiendo la búsqueda e implementación de alternativas de solución. El dióxido de carbono tiene mayor presencia en los motores a gasolina, contribuyendo al efecto invernadero, así como al calentamiento global; por su parte, las partículas y los tienen mayor presencia en motores tipo Diesel, los cuales son más nocivos para el ser humano.

Antecedentes

A partir de 1960 se empiezan a regular las emisiones contaminantes de los vehículos de cuatro ruedas en todos los países industrializados. En 1970 con el aumento de emisiones, se empezó a analizar la contaminación como un valor de masa. Estos valores fueron expresados como masas emitidas por unidad de distancia viajada, basada en un ciclo de recorrido normalizado que corresponde a una secuencia de velocidades en función del tiempo, representando las condiciones de marcha del vehículo en un banco dinamométrico (Australian Government, 2009).

En el año 2000 el gobierno australiano realizó un manual llamado *Emission Estimation Technique Manual for Aggregated Emission from Motor Vehicles*, para asistir al estado y territorios de otros gobiernos, con el propósito de que

estos tuvieran la posibilidad de reportar constantemente las emisiones y sustancias que las componen.

El manual se centró en los vehículos de motor, definiéndolos como un “vehículo de carretera”, el cual deriva parte de su potencia para producir empuje a partir de la combustión de un combustible fósil. Dentro de los “vehículos de carretera” se encuentran aquellos diseñados para funcionar en calles y autopistas; mas no incluye aquellos diseñados exclusivamente para operar fuera de las redes viales mencionadas anteriormente, como los vehículos de construcción. El manual muestra la implementación de técnicas teóricas de estimación de emisiones (para vehículos que operan con gasolina y Diesel) que ayudan a obtener resultados importantes para hacer más robusto el Inventario Nacional de Polución (NPI por sus siglas en inglés) del gobierno australiano.

Los datos de actividad tales como kilómetros recorridos por el vehículo (VKT por sus siglas en inglés), tipo de vehículo, tipo de carretera, tipo de combustible, modelo y el número de vehículos comprendidos dentro de una flota, es decir, dentro de un conjunto de vehículos del mismo tipo, son requeridos para calcular la emisión anual de contaminante en los motores de vehículo. Para ello se hace uso de la siguiente ecuación, en la cual los resultados son obtenidos en kg/año.

$$E_c = 365 * 0.001 * \sum_r \left\{ V_{r,c} * \sum_m \sum_f \sum_p (x_{r,m,f} * e_{r,m,f,p}) \right\}$$

Donde 365 es un factor de conversión de día a año y 0.001 es el factor de conversión para convertir gramos a kilogramos. $v_{r,c}$ es el promedio de VKT diario para un tipo de carretera y conjunto de vehículos del mismo tipo. $x_{r,m,f}$ es el VKT relativo y $e_{r,m,f,p}$ es el factor de emisión para un tipo de vehículo y combustible (National Pollutant Inventory, 2000).

Posteriormente, en el año 2002 en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco de México, Luis Leobardo Díaz Gutiérrez, presentó una metodología para la estimación de los niveles de emisión de escape de los vehículos automotores a gasolina que circulan en el valle de México. La metodología tenía como finalidad obtener una mayor aproximación a las condiciones reales y disminuir la incertidumbre asociada al uso del modelo estadístico utilizado hasta ahora para estimar los niveles de estas emisiones.

Para esto se realizó un programa experimental en su primera fase, el cual funcionaba por medición remota, no obstante, el análisis de resultados se hacía mediante el análisis estadístico, y la estimación de los factores de emisión se realizaba de manera teórica mediante el balance de carbono en las emisiones (Díaz, 2002).



En el año 2006 se realizó un modelo basado en las reacciones físicas y químicas dentro de un motor, capaz de predecir la cantidad de y la temperatura de escape en un motor. El modelo se divide en dos: un modelo de intercambio de gases (que genera las entradas al modelo de combustión) y un modelo de combustión.

Para implementar el primero de ellos, se efectuó un estudio de modelos cuasi-estacionarios; es decir, modelos basados en mapas de motores estacionarios, utilizando datos de medición de motores certificados bajo la norma Euro 3. Con ello, se buscó tener dos zonas de análisis (una zona quemada y otra no quemada) con el objetivo de estudiar la variación de los parámetros de entrada al modelo de combustión, los cuales son la presión de entrada al colector y la tasa de recirculación de gases de escape. El segundo de los modelos describe la liberación de calor, presión y temperatura dentro del cilindro y la formación de NO_x , asumiendo el contenido del cilindro como gas ideal, la combustión con una relación aire/combustible constante, compresión isentrópica y gradientes de presión nulos.

Más tarde, en el año 2008, el gobierno australiano realizó mejoras del manual publicado en el año 2000, esta vez con el propósito de asistir la manufactura australiana e instalaciones industriales y de servicio. Al igual que el manual publicado en el año 2000, este presentó la descripción de los procedimientos y recomendaciones aproximadas para estimar emisiones de motores de combustión interna listadas en el NPI.

Se trataron cuatro técnicas de estimación de emisiones, entre las que se encuentra la medida directa o datos de muestras, balance de masa, cálculos ingenieriles y factores de emisión.

Las medidas directas podían realizarse con pruebas de muestreo, las cuales proporcionan datos en términos de kg/hora o g/m^3 (flujo másico y densidad). Dichas pruebas debían llevarse a cabo bajo condiciones de funcionamiento representativas, teniendo en cuenta las exigencias normativas del territorio o estado donde se pretendiera efectuar el procedimiento.

En un balance de masa, las emisiones podían ser calculadas como la diferencia entre la entrada y salida de cada sustancia listada en el NPI, donde se tenía en cuenta la acumulación, la reducción y las reacciones químicas de la sustancia dentro del motor, sin embargo, es una técnica difícil de aplicar en motores de combustión interna.

Los cálculos ingenieriles son un método de estimación basado en las propiedades físico-químicas de la sustancia y relaciones matemáticas, considerando la conservación de

masa. En el manual se efectuaba este método utilizando la ecuación (2), considerando la concentración de la sustancia dentro del combustible, peso molecular de la sustancia, peso elemental de la sustancia en el combustible y las horas de operación del motor.

$$E_i = Q_f * \left(\frac{C_f}{100} \right) * \left(\frac{MW_p}{EW_f} \right) * \text{OpHrs} \quad (2)$$

Donde E_i es la emisión de la sustancia analizada, Q_f es la cantidad de combustible quemado en un tiempo reportado, C_f es la concentración de la sustancia dentro del combustible, la cual lleva a la liberación de la sustancia, MW_p es el peso molecular de la sustancia emitida, EW_f es el peso del elemento de la sustancia en el combustible y OpHrs son las horas de operación del motor en un tiempo reportado (National Pollutant Inventory, emission estimation technique manual for combustion engines, 2008).

El método de los factores de emisión se realizó para motores de combustión interna utilizados en vehículos dentro de las siguientes categorías: vehículos de pasajeros, vehículos de carga liviana (LGV), vehículos de carga pesada (HGV) y vehículos industriales. Para calcular las emisiones en las tres primeras categorías, las cuales hacen parte de los vehículos tipo calle/transporte, son requeridos, el tipo de vehículo, la distancia recorrida y el factor de emisión, como se muestra en la ecuación (3) (National Pollutant Inventory, emission estimation technique manual for combustion engines, 2008).

$$E_i = L_y * EF_i \quad (3)$$

Donde E_i es la emisión de la sustancia para un tipo de motor, L_y es la distancia recorrida reportada en un año y EF_i es el factor de emisión de una sustancia, para un motor y tipo de combustible dado (gasolina o Diesel).

Para el cálculo de emisiones en vehículos industriales se requiere de los factores de emisión, potencia del motor, factor de carga y el tiempo de operación del motor como se aprecia en la siguiente ecuación (National Pollutant Inventory, Emission estimation technique manual for combustion engines, 2008).

$$E_i = P * \text{OpHrs} * LF * EF_i \quad (4)$$

Donde P es la potencia nominal media del motor, es decir, la potencia de frenado que dicho motor desarrolla a un régimen determinado, OpHrs son las horas de operación del motor, LF es el factor de carga del vehículo y EF_i es el factor de emisión de una sustancia que se esté calculando, para un motor y tipo de combustible dado (gasolina o Diesel). La ecuación (4) es una técnica utilizada basada en la potencia del motor, por otro lado, también se implementó

una técnica basada en el consumo de combustible, la cual podía ser utilizada mediante la siguiente ecuación (National Pollutant Inventory, emission estimation technique manual for combustion engines, 2008):

$$E_i = Q_f * LF * EF_i \quad (5)$$

Donde Q_f es la cantidad de combustible consumido, LF es el factor de carga del vehículo y EF_i es el factor de emisión de la sustancia que se esté calculando. Finalmente los resultados son clasificados mediante letras, siendo A excelente, B sobre el promedio, C promedio, D bajo el promedio, E pobre y U sin clasificar (National Pollutant Inventory, Emission estimation technique manual for combustion engines, 2008).

Metodología

Como punto de partida, se realizó una revisión bibliográfica sobre los contaminantes, CO_2 , NO_x y partículas $PM_{2.5}$, así como del funcionamiento de los motores de combustión interna; esto permitió hacer una indagación sobre qué parámetros de operación del motor afectan la emisión de agentes contaminantes y así seleccionar los más adecuados. Como consiguiente, se diseñó el modelo matemático preliminar con los parámetros ya seleccionados, y así mismo se creó un programa en Visual Basic.NET que permitió agilizar el cálculo de las emisiones contaminantes. Seguido a esto se realizó una comparación entre resultados obtenidos mediante el programa y los de las pruebas experimentales, esto para determinar el porcentaje de error entre ellos.

Finalmente se hizo un análisis de la desviación estándar de los porcentajes de error obtenidos y un análisis de varianza con el método ANOVA de un factor, para comprobar que tan confiable fue la metodología desarrollada bajo los parámetros seleccionados.

Desarrollo del modelo matemático

Se diseña un algoritmo para motores ciclo Otto y Diesel, asumiendo un proceso isentrópico que permita teórica y preliminarmente calcular las emisiones contaminantes.

Se inicia con el cálculo del volumen desplazado, el volumen de la cámara de combustión y parámetros geométricos, como la longitud de la manivela del cigüeñal, la longitud de la biela y la posición del pistón. Luego se resuelven las ecuaciones del ciclo termodinámico, hasta encontrar la potencia de frenado, la cual se utilizará para calcular los índices de emisiones contaminantes.

a. Análisis teórico del ciclo Otto

Se parte determinando el volumen desplazado por el pistón a medida que este realiza la carrera, como se muestra a continuación (Payri y Desantes, 2011):

$$V_d = \frac{\pi}{4} * B^2 * S * N_c \quad (6)$$

Donde B es el diámetro del pistón y N_c el número de cilindros que compone el motor. S es la carrera del pistón, comprendida entre el punto muerto superior (TDC) y el punto muerto inferior (BDC) del cilindro. Por otro lado, si no se hace uso del diámetro y la carrera del pistón, es posible encontrar el volumen desplazado considerando la cilindrada del motor (V_T) y el número de cilindros (N_c), haciendo uso de la siguiente ecuación (Payri y Desantes, 2011):

$$V_d = \frac{V_T}{N_c} \quad (7)$$

Posteriormente se calcula el volumen de la cámara con la siguiente ecuación, cuyo valor permite saber cuál es el volumen mínimo de la cámara de combustión cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior. Cabe aclarar que la relación de compresión (r_c) es un valor que varía dependiendo del motor. Aun así, para aquellos motores que operan bajo el ciclo Otto, el valor de la relación de compresión varía en un rango de 8:1 a 11:1 (Payri y Desantes, 2011):

$$V_c = \frac{V_d}{r_c - 1} \quad (8)$$

Seguido a esto se calcula el volumen máximo del cilindro o volumen del punto muerto inferior (VBDC). Este parámetro se puede calcular mediante la adición entre el volumen de desplazamiento y el volumen de la cámara, con la ecuación (9) (Payri y Desantes, 2011):

$$VBDC = V = V_d + V_c \quad (9)$$

Por otro lado, es posible calcular el volumen en función de un ángulo de manivela, el cual puede variar los resultados de emisiones, ya que a un determinado ángulo se presentan variaciones de presión y temperatura dentro del cilindro, para encontrar este parámetro es necesario determinar con anterioridad la longitud de la manivela del cigüeñal, la longitud de la biela y la posición del pistón (Payri y Desantes, 2011).

La longitud de la manivela del cigüeñal es un parámetro importante, ya que afecta directamente el empuje del pistón y el desplazamiento del mismo dentro del cilindro. El empuje del pistón sobre la pared del cilindro disminuye a medida que la longitud de la manivela es menor, por tal motivo su valor no debe ser tan bajo respecto a la longitud de la biela. Por otro lado, la influencia de dicha longitud en el desplazamiento del pistón puede reducir o aumentar los movimientos secundarios (desplazamiento horizontal



y oscilaciones), golpes y pérdidas por fricción que experimenta el émbolo en las carreras de operación dentro del ciclo termodinámico. El cálculo de este parámetro se lleva a cabo mediante la ecuación (10), donde a es la carrera del pistón (Botta, Brusconi, Pokolenko y Vera de la Cruz, 2011; Hongwei, Jin y Baocheng, 2015)

$$a = \frac{S}{2} \quad (10)$$

Con la relación entre la longitud de la biela y la manivela (R'), cuyo valor varía de 3 a 4 para motores ciclo Otto, y con el resultado de la ecuación (10), es posible determinar la longitud de la biela, la cual es responsable de transmitir la potencia del pistón al cigüeñal, como se muestra a continuación (Payri y Desantes, 2011).

$$r = R' \cdot a \quad (11)$$

Posteriormente se encuentra la posición del pistón con la ecuación (12), considerando el ángulo de la manivela que usualmente se encuentra entre 0° y 2° , el cual es medido desde la línea central del cilindro, siendo cero cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior (Payri y Desantes, 2011).

$$s = a * \text{Cos}\theta + \sqrt{r^2 - a^2 \text{Sen}^2\theta}$$

Con la implementación de los tres parámetros geométricos tratados anteriormente, se calcula el volumen, siendo este el valor correspondiente para cualquier ángulo de manivela, presentado a continuación (Payri y Desantes, 2011).

$$VBDC = V = V_c + \left(\frac{\pi B^2}{4} \right) * (r + a - s) \quad (13)$$

Se asume un proceso isentrópico, ya que el modelo es preliminar y por ende se plantea la ecuación de los gases ideales (Cengel y Boles, 2012), para encontrar la masa del gas de la mezcla, donde V es el volumen máximo, R es la constante universal de los gases, siendo P_1 y T_1 la presión y temperatura de entrada al cilindro, respectivamente. Ambos parámetros dependen del motor, sin embargo, la temperatura puede tener valores comprendidos entre 50°C – 60°C . Por otro lado, la presión es tomada como 100 kPa (presión atmosférica) (Payri y Desantes, 2011; Gupta, 2013). Con la ecuación (14) se calcula la masa del gas de la mezcla.

$$m_m = \frac{P_1 * V}{T_1 * R} \quad (14)$$

Posteriormente se calcula la presión, temperatura y volumen en la fase de compresión con las ecuaciones (15), (16) y (17); considerando la relación de compresión y el coeficiente de dilatación adiabático (K).

En el ciclo durante la admisión (donde la temperatura es baja), y al inicio de la compresión (K) es igual a 1.4, sin embargo, al final de la fase de combustión cuando la temperatura ha aumentado, K tiene un valor de 1.3. Considerando el rango entre 1.3 – 1.4 se utilizó un valor intermedio, ya que si se usan los extremos, el cálculo se enfocaría en la fase de compresión o en la fase de combustión solamente (Payri y Desantes, 2011).

$$P_2 = P_1 * (r_c)^K \quad (15)$$

$$T_2 = T_1 * (r_c)^{K-1} \quad (16)$$

$$V_2 = \frac{V}{r_c} \quad (17)$$

Luego se calcula la masa de combustible, teniendo en cuenta la relación aire-combustible (AF), los residuos de escape (X_r) y la masa del gas de la mezcla. Al final de la carrera de escape, es probable que se presente residuo de gas de escape en la sección del volumen de la cámara, dicho residuo se mezcla con la nueva carga de aire y combustible utilizada en el nuevo ciclo; por ende, es importante que este valor sea pequeño para disminuir pérdidas energéticas en la combustión.

Los valores de la relación aire-combustible varían entre 14.1 – 15.1 y los residuos de escape varían entre 3 % – 7 % (Payri y Desantes, 2011). A continuación se plantea la ecuación (18) para calcular la masa de combustible.

$$m_{\text{fuel}} = \frac{1}{AF + 1} * (1 - X_r) * m_m \quad (18)$$

Seguidamente se encuentra el calor adicionado durante el ciclo (Q_{in}) como se presenta en la ecuación (19), considerando el resultado de la ecuación (18) y el poder calorífico del combustible (Q_{HV}), cuyo valor para el Iso-octano es 34360 kJ/kg (Department of Enviroment, 2008).

La eficiencia del combustible puede variar dependiendo del comportamiento de la combustión. En motores de encendido por chispa operando con mezcla pobre, se encuentra entre 95 % – 98 %, disminuyendo a medida que la mezcla se enriquece. En motores de encendido por compresión la eficiencia de combustión disminuye, ya que se presenta gran cantidad de calor intercambiado (Gupta, 2013; Fygueroa y Araque, 2005).

$$Q_{in} = m_{\text{fuel}} * Q_{HV} * \eta_c \quad (19)$$

Con los resultados obtenidos en las ecuaciones (14), (16), (19) y el calor específico a volumen constante ($=0,821$ kJ/kgK) (Payri y Desantes, 2011), se encuentra el valor de la temperatura de combustión, como se aprecia en la siguiente ecuación.

$$T_3 = T_2 + \frac{Q_{in}}{m_m + C_v} \quad (20)$$

Seguido a esto se calcula la presión en fase de combustión, a partir de los resultados encontrados con las ecuaciones (15), (16) y (20) (Payri y Desantes, 2011).

$$P_3 = P_2 * \left(\frac{T_3}{T_2} \right) \quad (21)$$

Luego se halla la temperatura y presión en fase de expansión mediante las ecuaciones (22) y (23), con los resultados de las ecuaciones (20) y (21) (Payri y Desantes, 2011).

$$T_4 = T_3 * \left(\frac{1}{r_c} \right)^{k-1} \quad (22)$$

$$P_4 = P_3 * \left(\frac{1}{r_c} \right)^k \quad (23)$$

A continuación se procede a encontrar el trabajo absorbido durante la carrera de compresión y el trabajo producido en la carrera de combustión, teniendo en cuenta la diferencia de temperatura en ambas fases (Payri y Desantes, 2011). Para ello se plantean las siguientes ecuaciones.

$$W_{3-4} = \frac{m_m * R * (T_4 - T_3)}{1 - K} \quad (24)$$

$$W_{1-2} = \frac{m_m * R * (T_2 - T_1)}{1 - K} \quad (25)$$

Partiendo de lo anterior se encuentra el trabajo neto, el cual se desarrolla dentro de la cámara de combustión y matemáticamente puede ser calculado al sumar el trabajo absorbido durante la carrera de compresión (w_{1-2}) y el trabajo producido en la carrera de combustión, como se puede apreciar en la siguiente ecuación (Payri y Desantes, 2011; Salazar, 1998).

$$W_{net} = W_{1-2} + W_{3-4}$$

La presión dentro de la cámara de combustión cambia continuamente durante un ciclo. Por tal motivo se halla un valor promedio de esa presión, denominado presión media efectiva, la cual es frecuentemente utilizada para evaluar el desempeño del motor (Tsuchiya y Nagashima, 2002).

A continuación se calcula la presión media efectiva, cuyo valor depende del trabajo neto y la diferencia entre el volumen máximo y el volumen de compresión (Payri y Desantes, 2011).

$$mep = \frac{W_{net}}{V - V_2} \quad (27)$$

Por otro lado, aparece un parámetro denominado presión media efectiva de frenado, que es la parte de la presión media efectiva que actúa en el pistón, siendo esta determinada con el resultado de la ecuación (27) y la eficiencia mecánica η_m . Este último parámetro es la relación entre el trabajo de frenado (es decir, el trabajo disponible en el cigüeñal) y el trabajo desarrollado en la cámara de combustión. Su valor es directamente proporcional a las RPM y usualmente se encuentra entre 75 % – 95 % para motores ciclo Otto (Payri, F. & Desantes, J, 2011; Gupta, 2013). A continuación se calcula la presión media efectiva de frenado.

$$bmep = \eta_m * mep \quad (28)$$

El trabajo disponible en el cigüeñal o como es también denominado en algunos textos, trabajo de frenado, puede ser calculado de dos formas a partir de las ecuaciones (6 o 7), (26) y (28), como se muestra a continuación (Payri y Desantes, 2011):

$$W_b = \eta_m * W_{net} \quad (29)$$

$$W_b = bmep * V_d \quad (30)$$

El parámetro anterior permite calcular la potencia disponible en el cigüeñal, conocida también como potencia de frenado. Siendo menor que la potencia desarrollada en la cámara de combustión, debido a efecto de las pérdidas por fricción entre los elementos mecánicos dentro del cilindro. A continuación se calcula la potencia de frenado con la siguiente ecuación (Payri y Desantes, 2011):

$$W_b = \frac{N}{60} * W_b * i * N_c \quad (31)$$

Donde N es el número de revoluciones (dividido en 60 para pasar de minutos a segundos), i es el número de cilindros, W_b es el trabajo de frenado e N_c es el número de ciclos por revolución, siendo 0,5 para motores de 4 tiempos y 1 para motores de 2 tiempos.

Otra forma de calcular la potencia de frenado puede ser apreciada en la ecuación (33), la cual es obtenida a partir de la ecuación (32); donde se tiene en cuenta el diámetro y carrera del pistón, número de cilindros, número de revoluciones y la presión media efectiva de frenado (Kates y Luck, 1981).

$$bmep = 1145440 * \left(\frac{W_b}{B^2 * S * \frac{N}{60} * N_c} \right) \quad (32)$$



$$W_b = \frac{B^2 * S * N_c * bmep * N}{1145440} \quad (33)$$

b. Análisis teórico del ciclo Diesel

Tomando como referencia la serie de ecuaciones expuestas anteriormente. Se procede a analizar teóricamente el ciclo Diesel, con el fin de encontrar la potencia de frenado, cuyo valor depende de los parámetros geométricos y de operación del motor.

Al igual que en el análisis del ciclo Otto, se determina el volumen desplazado por el pistón, haciendo uso de (6) o (7). Posteriormente se calcula el volumen de la cámara con (8), en donde se emplea el volumen de desplazamiento previamente calculado y la relación de compresión, la cual a diferencia del ciclo Otto, varía en un rango de 12:1 a 21:1 (Payri y Desantes, 2011). Con una relación de compresión más alta, es posible alcanzar temperaturas lo suficientemente altas como para auto encender el combustible.

Seguido a esto se encuentra el volumen máximo del cilindro con (9) o (13), teniendo en cuenta que (R) adopta valores de 5 a 10 para motores ciclo Diesel. Luego se calcula la masa del gas de la mezcla mediante el uso de (14); manteniendo la misma presión de entrada al cilindro (100kPa) y el mismo rango de valores de la temperatura de entrada al cilindro, el cual se encuentra entre 50 °C – 60 °C (Payri y Desantes, 2011).

Posteriormente se calcula la presión y temperatura en la fase de compresión usando (15) y (16) utilizando también (K) como 1,35.

A diferencia del ciclo Otto, el volumen en la fase de compresión () no es calculado, ya que es igual al volumen presente cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior, es decir, (Payri y Desantes, 2011).

Ahora bien, se calcula la masa de combustible usando (18), utilizando un rango de valores entre 14.7 – 1 5.7 para la relación aire-combustible y los mismos valores de residuos de escape usados en Otto. Seguido a esto se halla el calor adicionado durante el ciclo haciendo uso de (19), en donde la eficiencia de combustión ahora adopta un valor de 0.98 (Fygueroa y Araque, 2005) y el poder calorífico del Diesel un valor de 38210 kJ/kg (Department of Enviroment, 2008).

Posteriormente se halla la temperatura de combustión como se aprecia en la ecuación (34), considerando el calor adicionado durante el ciclo (), la temperatura en la fase de compresión, la relación aire/combustible y el calor específico a presión constante que se encuentra nentre 0.8 y 1.8 kJ/kgK (Cengel y Boles, 2012).

$$T_3 = T_2 + \frac{Q_{in}}{(a/F + 1) C_p} \quad (34)$$

Seguidamente se calcula el volumen de combustión considerando que la presión de combustión () es igual a la presión en la fase de compresión (), ya que este proceso se lleva a cabo a presión constante, como se plantea en la siguiente ecuación (Payri y Desantes, 2011).

$$V_3 = \frac{R * m_m * T_3}{P_3 = P_2} \quad (35)$$

Luego se calcula la temperatura en la fase de expansión mediante la ecuación (36), considerando que el volumen al final de esta fase es igual al volumen máximo del cilindro, es decir, $V_4 = V = V_{BDC}$. Esta consideración parte de que el proceso de expansión de lleva a cabo a volumen constante (Payri, F. & Desantes, J, 2011).

$$T_4 = T_3 * \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} \quad (36)$$

Después se encuentran los trabajos en los procesos de compresión, combustión y expansión, con el fin de calcular el trabajo neto, como se puede apreciar en las siguientes ecuaciones (Payri y Desantes, 2011).

$$W_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) \quad (37)$$

$$W_{2-3} = P_2(V_3 - V_2) \quad (38)$$

$$W_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) \quad (39)$$

$$W_{net} = W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} \quad (40)$$

Considerando que en la cámara de combustión (al igual que en el ciclo Otto) la presión varía, se halla la presión media efectiva (mep) y la presión media efectiva de frenado (bmep) usando las ecuaciones (27) y (28) respectivamente. Seguido a esto, se calcula el trabajo disponible en el cigüeñal (W_p), utilizando las ecuaciones (29) o (30); finalmente se calcula la potencia disponible en el cigüeñal con las ecuaciones (31) o (33).

c. Cálculo de emisiones contaminantes para motores ciclo Otto y ciclo Diesel

Continuando con la metodología, es necesario definir lo que es un factor de emisión. Este parámetro es una medida de la cantidad de sustancia contaminante emitida por un motor respecto a una actividad de operación, es decir, consumo de combustible, producción de energía o distancia recorrida. Por tal motivo es importante implementar en los cálculos el factor de emisión concerniente a la actividad presente en cada uno de los métodos que se presentarán más adelante.

Conociendo el significado de factor de emisión, se realiza en primera instancia una clasificación de los motores ciclo Otto y Diesel considerando su peso, ya que dependiendo de este factor y de la especie que se quiera calcu-

lar, se utilizan ciertos valores de factor de emisión, como se puede apreciar en las tablas 1 y 2 (National Pollutant Inventory, Emission estimation technique manual for combustion engines, 2008).

Tabla 1.
Factores de emisión en ciclo Otto

Especie	Rango de pesos (kg)	Factor de emisión (X) (kg/m ³)	Factor de emisión (Y) (kg/KWh)	Factor de emisión (Z) (kg/km)	Factor de carga
CO ₂	90-270	2319	0,2635	0,19	0,25
	271-680	2319	0,2635	0,283	
	681-1370	2319	0,2635	0,774	
NOx	90-270	6,7	0,002196	0,0008	0,25
	271-680	11	0,002383	0,0015	
	681-1370	28	0,003366	0,003	
PM _{2,5}	90-270	1,699	0,000185	0,0000075	0,25
	271-680	1,7	0,000185	0,0000091	
	681-1370	1,7	0,000185	0,0004	

Fuente: elaboración propia

Tabla 2.
Factores de emisión ciclo Diesel

Especie	Rango de pesos (kg)	Factor de emisión (X) (kg/ m ³)	Factor de emisión (Y)(kg/kWh)	Factor de emisión (Z) (kg/km)	Factor de carga
CO ₂	90-270	2697	0,2656	0,19	0,25
	271-680	2697	0,2656	0,283	
	681-1370	2697	0,2656	0,774	
NOx	90-270	6,7	0,00092	0,00066	0,25
	271-680	8,9	0,001343	0,00143	
	681-1370	23	0,003582	0,0026	
PM _{2,5}	90-270	1,7	0,000268	0,0001	0,25
	271-680	1,703	0,000268	0,00013	
	681-1370	1,7	0,000236	0,00015	

Fuente: elaboración propia



Inicialmente se tienen tres métodos: método de la distancia recorrida, método de la producción de energía y método de consumo de combustible; referentes a las ecuaciones (3), (4) y (5) respectivamente. Sin embargo, el método escogido para calcular los niveles de las emisiones contaminantes fue aquel que tiene como base la ecuación 3, la cual depende de la potencia de frenado calculada con las ecuaciones (31) y (33). Dicha ecuación fue modificada y junto con los factores de emisión de las tablas 1 y 2 se obtuvieron dos ecuaciones, como se muestra a continuación.

$$E_i = \frac{\sqrt{(L_y * Z * W_b * Y) * 1000}}{L_y} \quad (41)$$

$$E_i = \frac{\sqrt{(L_y * Z * W_b * (Y - 0.00016)) * 1000}}{L_y} \quad (42)$$

Donde (Z) y (Y) son obtenidos de las tablas 1 y 2. (L_y) y (W_b) son los mismos parámetros utilizados en el primer método.

Con el uso de la ecuación (41) es posible calcular NO_x y CO_2 , sin embargo, para calcular material particulado $PM_{2.5}$

es necesario utilizar la ecuación (42), en donde se usa un factor de corrección, puesto que el factor de emisión (X) para material particulado $PM_{2.5}$ es muy alto y se pueden obtener datos erróneos.

Resultados

Cabe resaltar que en los algoritmos expuestos anteriormente existen doce caminos posibles para calcular los tres agentes contaminantes, por tal motivo se ejecutó un proceso de selección en el cual se realizaron 30 iteraciones para cada método, calculando las emisiones (CO_2 , NO_x y $PM_{2.5}$), con el propósito de escoger un solo camino para llevar a cabo una comparación entre los resultados obtenidos con la metodología y aquellos obtenidos mediante pruebas experimentales. A continuación, en las tablas 3 y 4, se presentan las matrices de decisión para ciclo Otto y Diesel, en las cuales se consignó la cantidad de veces que cada camino funcionó para calcular una emisión contaminante con un determinado método, considerando que: Amarillo es confiabilidad baja (0-9 veces), Naranja es confiabilidad buena (10-19 veces) y Rojo es confiabilidad excelente (20-30 veces).

Tabla 3.
Matriz de decisión del ciclo Otto

Método \ Camino	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
M1	NO_x	9	9	7	9	2	10	6	7	2	9	8	7
	CO_2	8	5	0	5	0	2	0	0	0	5	5	0
	$PM_{2.5}$	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Total M 1	17	14	7	14	2	13	6	7	2	14	22	7	
M2	NO_x	5	5	9	5	0	10	6	9	0	5	5	7
	CO_2	1	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	$PM_{2.5}$	0	0	5	0	0	6	2	5	0	0	0	5
Total M2	6	5	14	5	0	5	8	14	0	5	25	12	
M3	NO_x	9	9	7	9	2	10	7	7	2	9	8	7
	CO_2	5	1	0	1	0	5	0	0	0	1	1	0
	$PM_{2.5}$	0	0	10	0	0	0	1	10	0	0	0	10
Total M3	14	10	17	10	2	9	8	17	2	10	15	17	
Total de los tres métodos	37	29	38	29	4	27	22	38	4	29	62	36	
Porcentaje total de confiabilidad (%)	41.1	32.2	42.2	32.2	4.4	30	24.4	42.2	4.4	32.2	68.8	40	

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.
Matriz de decisión del ciclo Diesel

Método	Camino	Camino											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M1	NO _x	0	10	0	10	3	0	3	1	0	3	2	0
	CO ₂	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2.5}	0	1	10	1	2	0	8	8	0	0	0	7
Total M1		0	22	10	22	5	0	11	9	0	3	2	7
M2	NO _x	0	10	0	10	0	0	2	2	0	0	0	0
	CO ₂	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2.5}	0	10	10	8	0	0	9	9	0	0	0	10
Total M2		0	30	10	28	0	0	11	11	0	0	0	10
M3	NO _x	0	10	0	10	3	0	0	1	0	3	2	0
	CO ₂	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2.5}	0	8	10	8	0	0	9	9	0	0	0	10
Total M3		0	28	10	28	3	0	9	10	0	3	2	10
Total de los tres métodos		0	80	30	78	8	0	31	30	0	6	4	27
Porcentaje total de confiabilidad (%)		0	88.8	33.3	86.66	8.8	0	34.4	33.3	0	6.66	4.44	30

Fuente: elaboración propia

Con base en las matrices de decisión se escogió el camino once para el ciclo Otto, el camino cuatro para el ciclo Diesel y el método de la distancia recorrida (basado en la ecuación 3) como teóricamente viables para calcular las emisiones contaminantes.

Para la comparación se seleccionaron 30 resultados experimentales de cada emisión. Los valores experimentales del ciclo Otto se obtuvieron de una prueba realizada por el gobierno australiano (Australian Government, 2009) y los del ciclo Diesel se obtuvieron de una prueba realizada por el gobierno Turco en el 2007 (James, 2007).

Para cada resultado experimental, se calculó un valor mediante la metodología, utilizando así los mismos parámetros del motor usados en la prueba experimental, esto con el fin de tener una mayor aproximación entre los resultados y minimizar los factores que pueden influir en el incremento del porcentaje de error.

La comparación se realizó obteniendo el porcentaje del error absoluto entre cada pareja de resultados, obteniendo el valor del error absoluto y el porcentaje de error relativo, siendo este último importante a la hora de deter-

minar la confiabilidad de la metodología, ya que un error relativo muy alto indica que la medida no es válida y por lo cual la metodología no es confiable.

Para definir la confiabilidad de la metodología desarrollada en el cálculo de cada emisión se determinaron los valores menores al 5 % como aquellos que poseen una confiabilidad alta; por otro lado, aquellos valores mayores al 5 % se determinaron con una confiabilidad baja. Lo anterior se estableció a partir de los niveles de confianza usualmente seleccionados en las pruebas estadísticas de comparación, las cuales se encuentran entre 95 % – 99.9 %.

Después de obtener los porcentajes de error para cada emisión contaminante, se realizaron unas figuras comparativas entre los resultados experimentales y los resultados obtenidos mediante la metodología, además de unas figuras de porcentaje de error por emisión.

a. Resultados obtenidos de la comparación con las pruebas experimentales en ciclo Otto

La figura 1 representa la línea de resultados tanto experimentales como los resultados obtenidos mediante la implementación de la metodología desarrollada para la

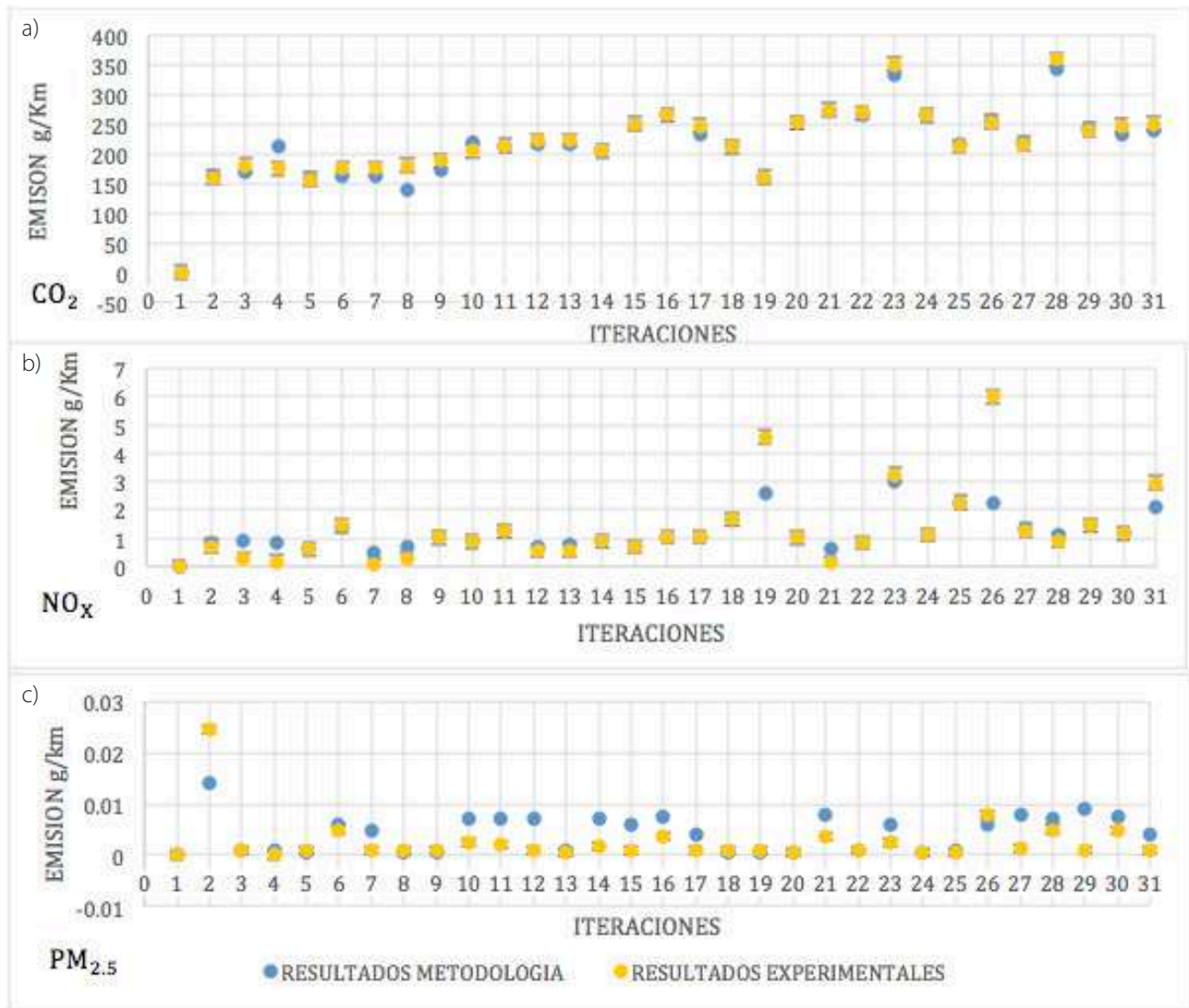


Figura 1. Comparación de resultados en Otto: a) CO₂, b) NO_x y c) PM_{2.5}
 Fuente: elaboración propia

tres emisiones contaminantes. Como se puede observar en la comparación (a) y (b), las líneas tienen un comportamiento semejante, sin embargo, se generan picos o sobresaltos mínimos debido a la diferencia que se puede presentar entre los datos. Esta diferencia se debe a la suposición de la distancia promedio diaria recorrida, eficiencias y relación aire-combustible.

En la comparación de PM_{2.5}, se presenta la mayor variación de resultados. Como se puede observar en la

figura 1, la línea que representa los resultados obtenidos por la metodología posee valores mayores a los resultados experimentales, esto sucede a causa de la precisión con la que mide el dispositivo OBS-TRPM, que como se mencionó anteriormente, posee un filtro que recoge las partículas de diámetro 2.5 μ m. La metodología no abarca tales características, lo cual permite la presencia de variaciones altas y por ende baja confiabilidad. Lo anterior se puede representar en valores de porcentaje de error, como se muestra en la figura 2.

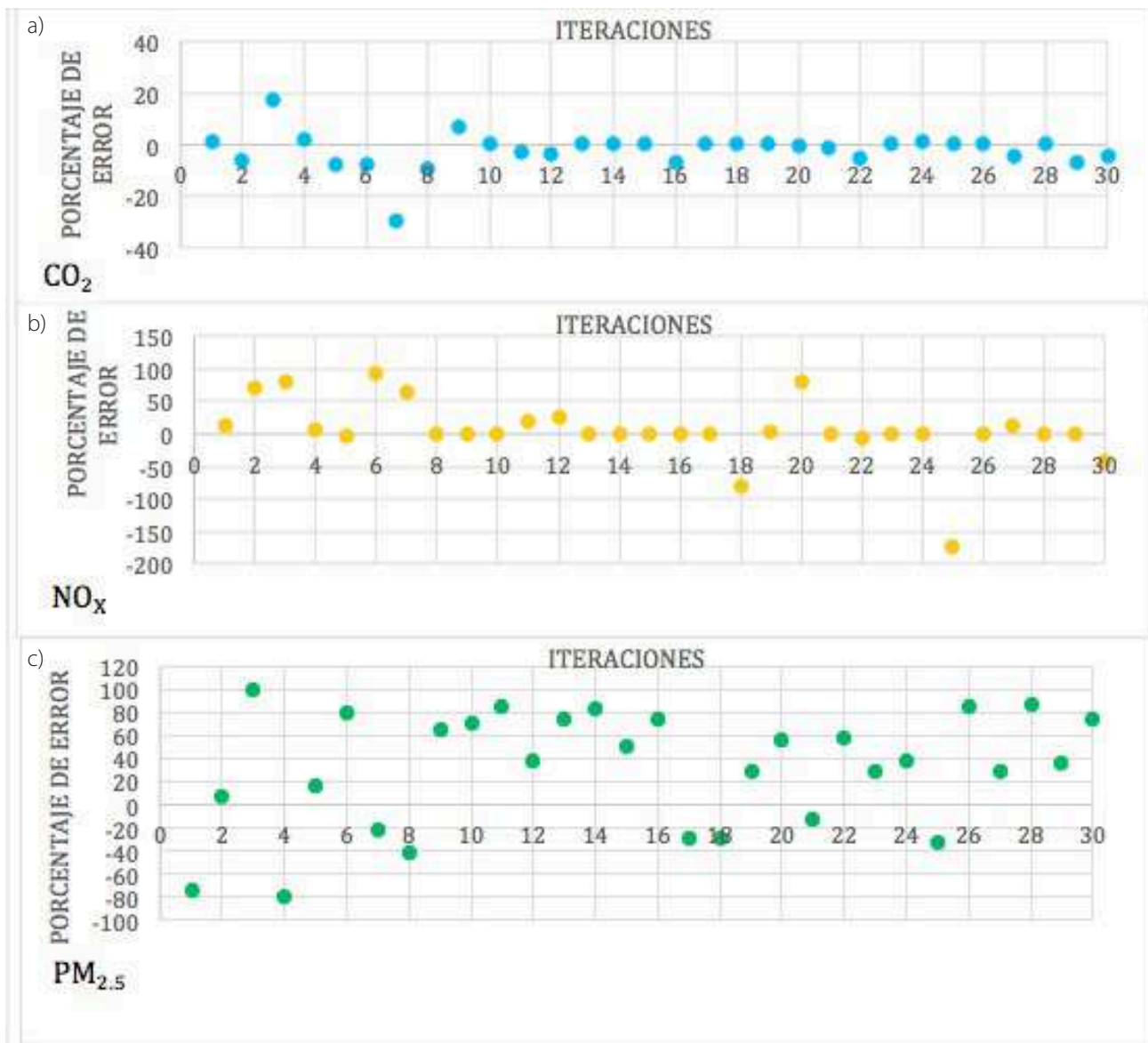


Figura 2. Porcentaje de error absoluto en Otto: a) CO₂, b) NO_x y c) PM_{2.5}
 Fuente: elaboración propia

La figura 2 permite identificar los errores de cada pareja de valores en las tres emisiones. Para las emisiones de CO₂, los porcentajes de error más altos fueron de 6.8 %, 17.8% y 29.9%, mientras que los porcentajes de error más bajos fueron de 0.17% y 0.18%; estos picos o sobresaltos que se generan son el principal causante del incremento en el promedio de error, ya que una línea continua y sin picos manejaría un promedio bajo en comparación con una que sí los tenga.

En el porcentaje de error de los NO_x se evidencia, que aunque muchos de los valores son cercanos a cero, hay valores extremos en donde la diferencia entre los dos resultados

es muy grande, presentándose valores en el orden de 70%, 80% y -78%, mientras que los más bajos son del 0.06% y el 0.19%. Lo anterior se presenta debido al alto grado de incertidumbre que se maneja, como se ha mencionado antes.

Los porcentajes de error (c) son los más altos y variantes de las tres emisiones, como se explicó con antelación, las emisiones de son muy pequeñas, lo que hace que una variación mínima en gramos represente una gran diferencia en el porcentaje de error y en consecuencia una no continuidad de los datos obtenidos. Los valores de porcentaje de error absoluto para ,PM_{2.5} se encuentran en un rango entre 20% – 80% en general.



Como último paso después de conocer los porcentajes de error de cada emisión e identificar la diferencia entre los resultados, se realizó un análisis de varianza ANOVA de un factor, para el cual se requieren 30 datos.

Como primer paso para el análisis de varianza se calcularon los totales (suma) y los cuadrados de los totales divididos por el número de observaciones para los resultados de y los resultados experimentales para el ciclo Otto. Los totales son la suma de los 30 valores obtenidos y los 30 valores experimentales seleccionados, el número de observaciones (en este caso fueron 30 (número de la muestra), pero el número de observaciones totales () son 60 (suma de las dos muestras).

A continuación se presenta la tabla 5 con los totales y los cuadrados de los totales divididos por el número de observaciones.

Tabla 5.

Totales y cuadrados de los totales divididos por el número de observaciones

	RESULTADOS TEÓRICOS CO ₂	RESULTADOS EXPERIMENTALES CO ₂	SUMA TOTAL	SUMA TOTAL ² ntotal
SUMA	6768.09	6797	13565.09	3066861.112
$\frac{SUMA}{n}$	1526901.408	1539973,633	3066875.04	

Fuente: elaboración propia

Después de obtener los resultados anteriores se procedió a calcular los cuadrados de las observaciones y los totales de dichos cuadrados, es decir, se elevaron al cuadrado cada uno de los 30 resultados experimentales y cada uno de los 30 resultados de la metodología y se calculó el total de la suma de cada columna de 30 datos. A partir de los cuadrados de las observaciones se pudieron calcular las sumas de los cuadrados, las cuales se dividen en tres, la suma de cuadrados total, la suma de cuadrado intra grupos y la suma de cuadrados entre grupos (Salinas, 1998).

Al obtener la suma de los cuadrados se procedió a calcular los medios de los cuadrados, estos solo se calculan para la configuración () y la configuración () datos, relacionando las sumas de los cuadrados con los grados de libertad obtenidos; el fin de calcular estos medios cuadrados era el de obtener el valor de prueba de Fisher, que es la relación entre los dos medios y permitía (al compararse con el valor teórico de Fisher) rechazar o aceptar dos hipótesis planteadas por el método de análisis de varianza; una hipótesis nula donde se planteaba que las muestras estudiadas eran iguales o semejantes y una hipótesis alternativa donde se planteaba que las muestras tenían una diferencia significativa entre ellas. La hipótesis nula se aceptaba

cuando el valor de prueba de Fisher era menor que el valor teórico de Fisher, por el contrario, la hipótesis alternativa se aceptaba cuando el valor de prueba de Fisher era mayor que el valor teórico de Fisher. En este caso todos los valores de prueba de Fisher fueron menores al teórico, por lo que se determinó que se aceptaba la hipótesis nula, y al tener muestras semejantes en todos los agentes contaminantes se consideró como confiable la metodología desarrollada. A continuación se presentan las tablas 6 y 7 de resultados de valores de Fisher para los ciclos Otto y Diesel.

Tabla 6.

Resultados valores de Fisher para el ciclo Otto

EMISIÓN	VALOR TEÓRICO DE FISHER	VALOR DE PRUEBA DE FISHER
CO ₂	4.015	9.87x10 ⁻⁶
NO _x	4.015	0.1954
PM _{2,5}	4.015	3.03

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.

Resultados valores de Fisher para el ciclo Diesel

EMISIÓN	VALOR TEÓRICO DE FISHER	VALOR DE PRUEBA DE FISHER
CO ₂	4.015	5.36x10 ⁻³
NO _x	4.015	0.40
PM _{2,5}	4.015	0.065

Fuente: elaboración propia

Al igual que en el ciclo Otto, el valor de prueba de Fisher fue menor al valor teórico de Fisher para las tres emisiones contaminantes, por lo cual mediante el análisis de varianza a un nivel de confianza del 95 %, se acepta la hipótesis nula de que las muestras en las tres emisiones contaminante son iguales a las de los resultados experimentales de cada una, y se rechaza la hipótesis alternativa de que hay diferencias significativas entre las muestras, ya que para que esta hipótesis fuera aceptada se necesitaban valores de prueba de Fisher mayores a los teóricos. Por lo que se determina como confiable la metodología desarrollada para las tres emisiones calculadas bajo el ciclo Diesel.

a. Resultados obtenidos de la comparación con las pruebas experimentales en ciclo Diesel

La figura 3 representa la comparación de resultados experimentales y aquellos obtenidos mediante la implementación de la metodología desarrollada para las tres emisiones contaminantes. Como se puede observar en la comparación (a) de la figura, las líneas tienen un comportamiento semejante, lo que permite afirmar que la confiabilidad de la metodología en el cálculo de es alta.

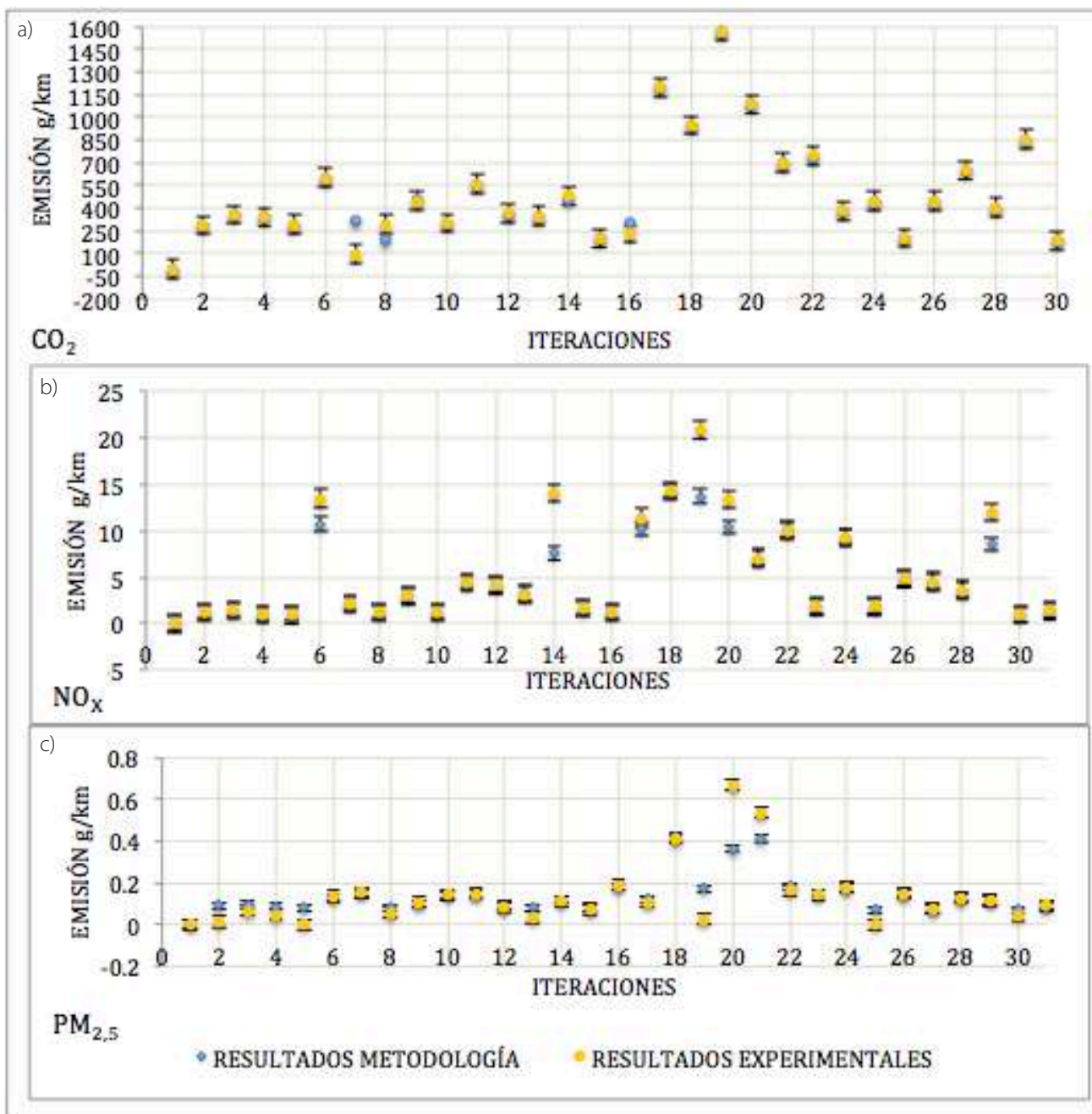


Figura 3. Comparación de resultados en Diesel: a) CO₂, b) NO_x y c) PM_{2,5}
 Fuente: elaboración propia

En la comparación (b), al igual que en la comparación (a), las líneas tienden a presentar un comportamiento similar, sin embargo, se evidencia la presencia de picos altos a causa de la suposición de algunos valores en el cálculo teórico, como son la distancia promedio recorrida, el calor específico a presión constante, la temperatura, la relación aire-combustible, los residuos de escape y la eficiencia

mecánica. En la comparación de se puede apreciar que al menos 10 de los 30 valores teóricos se encuentran relativamente lejos de los experimentales; lo anterior a causa de la diferencia existente entre la precisión de los instrumentos de medición y la suposición de valores. Lo mencionado anteriormente se puede representar en valores de porcentaje de error, como se muestra en la figura 4.

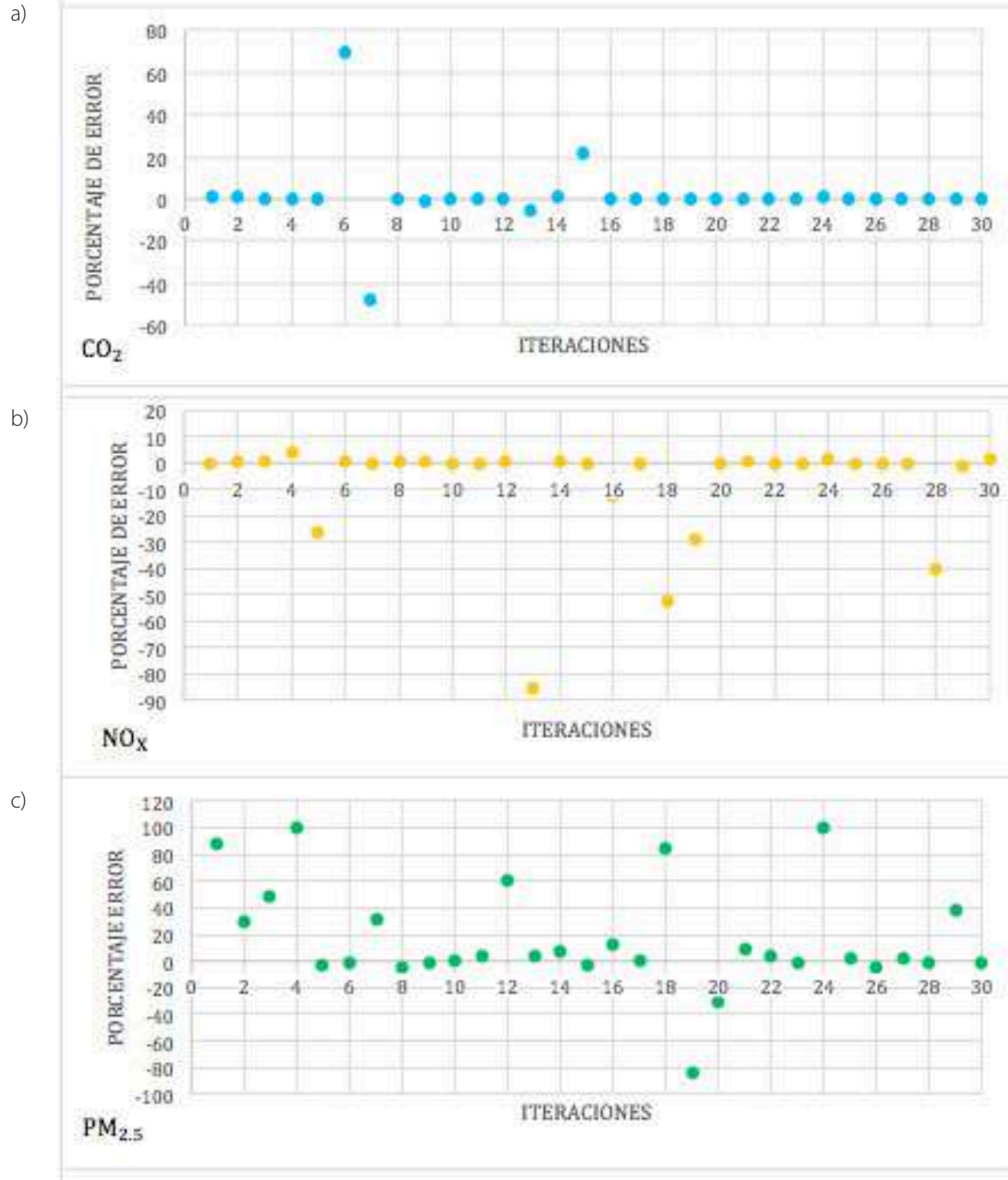


Figura 4. Porcentaje de error absoluto en Diesel: A) CO₂, B) NO_x y C) PM_{2.5}
Fuente: elaboración propia

La figura 4 permite identificar el comportamiento asociado a la presencia de puntos altos mostrados en las comparaciones de la figura 3, dicho comportamiento se muestra en valores porcentuales de error. Para las emisiones de PM_{2.5}, los porcentajes de error más altos fueron de 70% y -47.8%,

mientras que los porcentajes de error más bajos fueron de 0.0023% y 0.022%. Como se mencionó en el análisis del ciclo Otto, estos picos o sobresaltos que se generan son el principal causante del incremento en el promedio de error, ya que una línea continua manejaría un promedio bajo.

Considerando lo anteriormente mencionado, se evidencia en el porcentaje de error (b), que aunque muchos de los valores de porcentaje de error son cercanos a cero, hay valores extremos en donde la diferencia entre los dos resultados es muy grande, por ejemplo -85.6%, -52% y -39%, mientras que los más bajos son del 0% y el 0.05%, siendo menores a los obtenidos en el porcentaje de error (a).

El porcentaje de error (c) es el más alto y variante de las tres emisiones, como se explicó con antelación, las emisiones de $PM_{2.5}$ son muy pequeñas, lo que permite que una variación mínima en gramos represente una gran diferencia en el porcentaje de error, y en consecuencia la no continuidad de los datos obtenidos. Los valores de porcentaje de error absoluto para $PM_{2.5}$, se encuentran entre 0% y 87% en general.

Conclusiones

Normalmente la obtención de los niveles de emisiones contaminantes en los motores de combustión interna alternativos se realiza de forma experimental; sin embargo, el desarrollo del proyecto permite soportar que puede usarse una metodología no experimental para calcular los precitados niveles de emisiones, con resultados cercanos a los primeros. Dicho soporte acoge como válido que los parámetros de operación tales como, eficiencia mecánica, eficiencia de combustión, relación aire-combustible, calor específico a presión constante, relación de compresión y las revoluciones del motor, tenidos en cuenta en la metodología no experimental, son determinantes para la mencionada cercanía de resultados.

La metodología parte de un análisis de los parámetros de operación de un motor MCI, asociados a condiciones geométricas, y con los cuales se llegan a calcular las emisiones contaminantes. En el cálculo de los porcentajes de error en ambos ciclos fueron mucho más altos que en CO_2 , a causa de la variación de la distancia promedio diaria recorrida, ya que al tener un valor alto de este parámetro, se concluye que el vehículo ha pasado más tiempo en movimiento. La consideración de mayor tiempo de movilidad puede traducirse en una mayor exposición a la velocidad del viento, que haría dispersar rápidamente el contaminante, conllevando a un valor de emisión variable. Comparando los porcentajes de error en los cálculos de η y η_{ef} , para los ciclos de Otto y Diesel, se tienen mejores aproximaciones en este último, reiterando que no se tuvo en cuenta la presión media efectiva, la cual representa el continuo cambio de la presión dentro del cilindro.

Por otro lado, la mayor variación se presentó en el cálculo del material particulado, en donde el error obteni-

do en algunos de los valores es alto. Los errores presentes en los resultados tienen este comportamiento, ya que este contaminante tiene valores pequeños, así una pequeña variación en la emisión genera un alto porcentaje de error, por tal motivo se presenta una desviación alta. En las pruebas experimentales se obtienen emisiones muy pequeñas, a causa de la exactitud de los sensores, los cuales pueden detectar hasta el más mínimo cambio, sin embargo, en la metodología se utilizan valores o parámetros que se deben asumir, cosa que no pasa en la prueba experimental, ya que todo depende del funcionamiento real del motor. Así mismo, los parámetros atmosféricos tenidos en cuenta en la metodología desarrollada son la presión y temperatura de entrada, mientras que en las pruebas experimentales como la medición es real, factores como la radiación solar, la humedad, la densidad del aire y residuos de combustiones anteriores del motor, influyen considerablemente en los resultados de las emisiones.

El análisis de varianza ANOVA de un factor permitió determinar la confiabilidad de la metodología desarrollada, al aceptar la hipótesis nula de que los resultados obtenidos mediante la misma eran semejantes a los resultados experimentales por medio de los valores de Fisher.

Referencias

- Australian Government. (2009). *Second national in-service emissions study (NISE2) light duty petrol vehicle emissions testing*. Orbital Australia PTY LTD.
- Botta, D., Brusconi, M., Pokolenko, S., y Vera de la Cruz, A. (2011). *Efecto de la relación biela-manivela en el comportamiento del motor de ciclo Otto*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata.
- Cengel, Y., y Boles, M. (2012). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill.
- Department of Environment, W. H. (2008). *Emission Estimation Technique for Combustion Engines*.
- Díaz, L. L. (2002). *Estimación de factores de emisión para vehículos automotores de gasolina*. México: Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco.
- Figueroa, S. S., y Araque, M. J. (2005). *El proceso de combustión en motores de combustión interna*. Mérida: Editorial Venezolana.
- Gupta, H. (2013). *Fundamentals of internal combustion engines*. Delhi: Eastern Economy Edition.
- Hongwei, Y., Jin, Y., y Baocheng, Z. (2015). Analysis of the influences of piston crankshaft offset on piston secondary movements. *The Open Mechanical Engineering Journal*, 5.
- James, A. U. (2007). *A study of the emissions from Diesel vehicles operating in Istanbul, Turkey*. Estambul.



- Kates, E., y Luck, W. (1981). *Motores Diesel y de gas de alta compresión*. Chicago: Reverté S. A.
- National Pollutant Inventory. (2000). *Emission estimation technique manual for aggregated emissions from motor vehicles*. Australia.
- National Pollutant Inventory. (2008). *Emission estimation technique manual for combustion engines*. Australia.
- Payri, F., y Desantes, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Editorial Reverté.
- Salazar, F. (1998). *Internal combustion engines*. Notre Dame.
- Salinas, J. (1998). *Problemas de análisis de datos*. Universidad de Granada. Recuperado de <http://www.ugr.es/~jsalinas/webproble/T14res.PDF>
- Sanz, D. (2017). *¿Dónde hay más probabilidades de morir por exceso de contaminación?* Recuperado de <https://stbdeacero.com/2013/09/24/donde-hay-mas-probabilidades-de-morir-por-exceso-de-contaminacion/>
- Tsuchiya, K., & Nagashima, K. (2002). *A calculation method for indicated mean effective pressure based on harmonic analysis of pressure waveform*. Meiji.



LA SEGURIDAD MULTIDIMENSIONAL Y EL PODER AÉREO: DOCTRINAS DE LA OEA Y FUERZA AÉREA PARA FORTALECER EL DESARROLLO DE LA SEGURIDAD Y LA DEFENSA. ¿CUÁL ES EL NUEVO PANORAMA DE COLOMBIA?¹

MULTI-DIMENSIONAL SECURITY AND AERIAL POWER: OAS AND AIR FORCE DOCTRINES TO STRENGTHEN THE DEVELOPMENT OF SECURITY AND DEFENSE: WHAT IS COLOMBIA'S NEW PANORAMA?³

SEGURANÇA MULTIDIMENSIONAL E O PODER AÉREO: DOCTRINAS DA OEA E DA FORÇA AÉREA PARA FORTALECER O DESENVOLVIMENTO DA SEGURANÇA E A DEFESA. ¿QUAL É O NOVO PANORAMA DA COLÔMBIA?²

David Barrero Barrero⁴, Fabio Baquero Valdés⁵, Andrés Gaitán Rodríguez⁶
Escuela Superior de Guerra. Bogotá, Colombia
Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 72-81

Recibido: 11/09/2017

Aprobado por evaluador: 08/04/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.587>



Para citar este artículo:

Insulza, J. M., Barrero, D., Baquero Valdés, F. y Gaitán Rodríguez, A. (2018). La Seguridad Multidimensional y el Poder Aéreo: doctrinas de la OEA y Fuerza Aérea para fortalecer el desarrollo de la seguridad y la defensa. ¿Cuál es el nuevo panorama de Colombia?. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 72-81. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.587>.

¹ Este artículo es producto del proyecto de investigación denominado "La Seguridad Multidimensional y el Poder Aéreo: doctrinas de la OEA y Fuerza Aérea para fortalecer el desarrollo de la seguridad y la defensa. ¿Cuál es el nuevo panorama de Colombia?". A cargo del Departamento de Fuerza Aérea y financiado por la Escuela Superior de Guerra, adscrito al grupo de investigación Masa Crítica.

² Original article derived from the research project named "Multi-dimensional Security and Aerial Power: OAS and Air Force Doctrines to Strengthen the Development of Security and Defense: What is Colombia's New Panorama?". led by Air Force Department and funded by Escuela Superior de Guerra, attached to the research group Masa Crítica.

³ Artigo original produto do projeto de pesquisa denominado "A Segurança Multidimensional e Poder Aéreo: doutrinas da OEA e Força Aérea para fortalecer o desenvolvimento da segurança e da defesa. ¿Qual é o novo panorama da Colômbia?" Responsável pelo Departamento da Força Aérea e financiado pela Escola Superior de Guerra, ligado ao grupo de pesquisa Masa Crítica.

⁴ Magíster en Ciencias de la Seguridad y Defensa Interamericana del Colegio Interamericano de Defensa. Docente e investigador de la Escuela Superior de Guerra en las cátedras de Fundamentos de Lógica Estratégica al Curso de Altos Estudios Militares y Campos de Acción del Estado y Doctrina y Operaciones Aéreas a los Cursos de Estado Mayor. Docente en la especialización de Administración Aeronáutica de la Universidad Militar Nueva Granada. Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana, piloto y administrador aeronáutico. Correo electrónico: davidbarrerob@gmail.com

⁵ Administrador Aeronáutico, Especialista en Seguridad y Defensa Nacional, Gerencia Estratégica de Costos y Empresarial y Control Interno. Auditor Líder de las Normas ISO y NTSGP-1000. Especialista en docencia universitaria, par académico del CNA y Magíster en Educación de la Universidad Santo Tomás. Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: crlfabiob@gmail.com

⁶ Politólogo e internacionalista de la Pontificia Universidad Javeriana. Magíster en Defensa y Seguridad Nacional. Docente de planta de la Universidad Santo Tomás. Investigador del Departamento de la Escuela Superior de Guerra. Correo electrónico: andresgaitan@usantotomas.edu.co

Resumen: El presente artículo de investigación aborda la temática de la seguridad y defensa de las naciones desde la perspectiva de empleo del Poder Aéreo en Colombia frente a los retos de la Seguridad Multidimensional. Para este propósito se aplicó la metodología de revisión y análisis documental, la que permitió efectuar un examen comparativo de los elementos teóricos, conceptuales y prácticos del Poder Aéreo a partir de tres ejes temáticos específicos. El primero relacionado con las doctrinas de Poder Aéreo en Colombia y las amenazas tradicionales a la Seguridad Multidimensional, el segundo en función a la necesidad de articular el empleo del Poder Aéreo a las nuevas amenazas y sus características a partir de la globalización y aplicación de las TIC, el tercero relacionado con la armonía de empleo del Poder Aéreo frente a los escenarios de preocupaciones y nuevos desafíos a la seguridad, elemento donde reside la postura más revolucionaria del concepto de Seguridad Multidimensional. El anterior proceso facilitó la deducción de hallazgos y la deducción de importantes conclusiones dando respuesta al planteamiento problemático.

Palabras clave: Seguridad Multidimensional, Poder Aéreo, Fuerza Aérea Colombiana, doctrina, nuevas amenazas, amenazas tradicionales, preocupaciones y otros desafíos.

Abstract: This research article approaches the issue of security and the defense of the nations from the perspective of the Aerial Power use in Colombia before the challenges of multi-dimensional security. For this purpose, the methodology of revision and documentary analysis was applied, which allowed to make a comparative exam of the theoretical, conceptual, and practical elements of Aerial Power from three specific topics. The first of them is that related to the doctrine of Aerial Power in Colombia and the traditional threats to multi-dimensional security; the second relies in the need to articulate the use of aerial power in contexts of preoccupations and new challenges to security, in which relies the most revolutionary position of the concept of multi-dimensional security. The former process facilitated findings deduction and drawing important conclusions, giving answers to the problem that was stated.

Keywords: Multi-dimensional Security, Aerial Power, Colombian Air Force, Doctrine, New Threats, Traditional Threats, Preoccupations, New Challenges

Resumo: O presente artigo de pesquisa aborda a questão da segurança e defesa das nações a partir da perspectiva do uso do Poder Aéreo na Colômbia diante dos desafios da Segurança Multidimensional. Para este objetivo, aplicou-se a metodologia de revisão e análise documental, a que permitiu fazer um exame comparativo dos elementos teóricos, conceituais e práticos do Poder Aéreo a partir de três eixos temáticos específicos. A primeira relacionada com as doutrinas do Poder Aéreo na Colômbia e as ameaças tradicionais à Segurança Multidimensional, o segundo de acordo com a necessidade de coordenar o uso do Poder Aéreo às novas ameaças e suas características a partir da globalização e aplicação das TIC, a terceira relacionada à harmonia do uso do Poder Aéreo diante dos cenários de preocupações e novos desafios à segurança, elemento onde reside a postura mais revolucionária do conceito de Segurança Multidimensional. O processo anterior facilitou a dedução dos achados e a dedução de conclusões importantes em resposta à abordagem problemática.

Palavras-chave: Segurança Multidimensional, Poder Aéreo, Força Aérea Colombiana, doutrina, novas ameaças, ameaças tradicionais, preocupações e outros desafios.

“No tenemos guerras en la región, pero sí dos enemigos comunes e interrelacionados, y a cual más violento: el crimen organizado y la desigualdad”.

José Miguel Insulza

Secretario General de la Organización de Estados Americanos por dos periodos consecutivos, del 2005 al 2015.

Introducción

La seguridad¹ como concepto y práctica (deber) de los Estados-nación ha mutado a lo largo de la historia; incluso, si solo se observa desde el periodo de la modernidad hasta la actualidad. En una primera “fase”, el concepto de amenaza como el de seguridad se ha definido desde un enfoque unidimensional emanado de la amenaza o realización de la “guerra interestatal”.

A partir de la Guerra Fría surgen actores armados subversivos y criminales (que detentaron el monopolio constitucional de la violencia al Estado). Ahora bien, con la llegada de la década de los 90 (siglo XX) y junto con la globalización y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (en adelante: TIC) se transformaron de formas locales a formas de organización transnacional, caracterizándose dentro del conjunto de las “nuevas amenazas”.

De esta manera, la seguridad se ha convertido en un elemento más difuso de determinar, y así mismo, más difícil de garantizar como valor. No obstante, una tendencia propia del siglo XXI es una categoría de análisis denominada como “las preocupaciones y otros desafíos” a la seguridad; espacio en el cual ya ni siquiera se plantean problemáticas derivadas del uso de la violencia (legal e ilegal) o las armas, sino de fenómenos como los desastres naturales, las pandemias, el deterioro del medio ambiente, etc. Así, y en el caso de Colombia, siendo una institución que se ha formado y evolucionado en mayor medida para responder a un escenario de inseguridad interno (conflicto armado colombiano).

Razones por las cuales el objetivo de este artículo es, en primera medida, exponer el proceso evolutivo que ha presentado la seguridad en la modernidad; esto, como producto no solo de los cambios políticos en las relaciones de los Estados, sino por la aparición de nuevos actores que comenzaron a redefinir la seguridad desde sus particularidades, y finalmente, un proceso de asimilación

¹ Pueden existir muchas diferencias sobre el concepto de seguridad. Pero en definitiva la seguridad se puede expresar como la garantía que provee el Estado. Después de la Segunda Guerra Mundial, Naciones Unidas trabajan para mantener la paz y seguridad internacionales, y bajo este precepto, la seguridad se constituye deber de las naciones para sus habitantes.

y aceptación de que existen fenómenos -no relacionados con la violencia en el sentido estricto-, pero que afectan la capacidad de supervivencia de las naciones. De igual manera, el artículo presenta la idea de necesidad de alinear la doctrina aérea con los objetivos en materia de seguridad y defensa de la Organización de Estados Americanos - OEA. Es pertinente iniciar el debate en este sentido, puesto que es la dirección más racional a fin de garantizar un correcto empleo del Poder Aéreo nacional en beneficio de la política de seguridad y defensa del Estado colombiano.

Con el fin de ofrecer una carta de ruta al propósito investigativo de este artículo, los autores proponen la pregunta problemática de: ¿Cómo se debe entender la seguridad en los inicios del siglo XXI, y cómo -desde un punto de vista concreto- adaptar los recursos del Poder Aéreo colombiano a los requerimientos y retos de la Seguridad Multidimensional?

Con relación al objetivo general y la pregunta problemática ya presentada, este escrito constará de tres objetivos específicos. El primero consiste en analizar la seguridad desde un ámbito clásico, o cuando las problemáticas frente a estas se definían únicamente a partir de las relaciones de poder entre los Estados-nación, y su capacidad de ejercer la guerra contra otros. En una segunda instancia, estudiar y enseñar las modificaciones que presentó la seguridad y las amenazas que su comprensión se deriva, y así poder generar claridad acerca del primer momento de transformación de este ambiente para los Estados. Tercero, presentar el concepto y debate más reciente sobre la seguridad, con el ánimo de interpretar porqué la noción contemporánea que tenemos de ella se encuentra estrechamente relacionada con conceptos como lo “humano” o “multidimensional”.

A partir de estos tres ejes específicos planteados, se espera ofrecer al lector un proceso analítico comparativo y deductivo, que presente la idea de armonizar una dinámica de seguridad propia de la doctrina clásica de defensa del territorio y soberanía, a la nueva doctrina de seguridad, que admite dentro de sí misma nuevos fenómenos como pandemias, desastres naturales, las actividades que ponen en peligro el medio ambiente, los recursos naturales y los derechos humanos, entre otros.



Por esto, es un documento investigativo que se genera del producto de la revisión bibliográfica de segundo orden, compuesta por artículos de investigación científica y académicos, pero también con base en documentos de primer orden que hacen referencia a adaptaciones institucionales que llevan a replantear la seguridad en nuestros días.

Finalmente, lo anterior condujo a la conclusión de la estrecha relación que hay entre el Poder Aéreo y la Seguridad Multidimensional, en el contexto de la seguridad y la defensa de la nación colombiana, en donde ambas doctrinas tienen afinidades comunes y su integración genera sinergia a los demás campos del poder militar y a los objetivos estatales en esa materia.

Doctrinas de Poder Aéreo en Colombia y las amenazas tradicionales a la Seguridad Multidimensional

La Seguridad Multidimensional reúne todos aquellos factores, conflictos o fenómenos que afectan la seguridad y desarrollo de las naciones. Desde las amenazas de una guerra entre estados, hasta el terrorismo, el problema mundial de las drogas, la corrupción, la minería ilegal y la pobreza extrema, entre muchos más, y esta última, como una de aquellas que puede detonar la violencia. Por ello, la OEA (2017a), en su preocupación por el desarrollo y la paz en el hemisferio sur, se ha convertido en referente para la cooperación entre los Estados, el fortalecimiento de las democracias y la lucha contra las amenazas a la paz. En este contexto, es necesario que el compromiso solidario de los Estados en materia de Seguridad Multidimensional se aborde con el enfoque dado por estos mismos en la OEA, y de esta forma enfrentar los temas de seguridad que afectan a cada país en el hemisferio sur. De otra parte, el Poder Aéreo desde el siglo pasado, ha mostrado a través del tiempo sus enormes capacidades en guerras y conflictos, en misiones humanitarias, en la reducción de las distancias entre los continentes, en el comercio y desarrollo económico de los países, entre muchos más. Pero en concreto, el Poder Aéreo se ha constituido en un punto de referencia para el crecimiento, seguridad y defensa de las naciones; como parte fundamental de la estructura de desarrollo y protección de los estados.

De tal forma, el Poder Aéreo como parte del poder militar de un Estado-nación, supera las capacidades terrestres y navales de los otros poderes, por cuanto su connotación tridimensional trasciende los límites de tierra y mar. En otras palabras, el Poder Aéreo “elimina la necesidad de confrontar los accidentes del terreno o el medio ambiente por su habilidad de volar sobre contingentes armados, flotas, y obstáculos geográficos, y atacar directamente a los centros claves del enemigo” (Meilinger, 1996).

En este mismo sentido, la doctrina en la Fuerza Aérea Colombiana ha evolucionado a través del tiempo, gracias a la experiencia, la tecnología y los medios que, en el tiempo, la han fortalecido. Es así como todos los conceptos teóricos de “empleo del Poder Aéreo y espacial en pro de la seguridad y defensa nacional y de los demás fines del Estado” (JEA, 2016, p. 17), están contenidos en el objetivo del Manual de Doctrina Básica Aérea (en adelante: MABDA). De esta forma, el interés del presente escrito es el de integrar ambas doctrinas que giran alrededor de la defensa y la seguridad.

De este modo es evidente la relación entre la Seguridad Multidimensional y el Poder Aéreo, muy estrecha por el contexto que define la primera y el compromiso del segundo en la totalidad de lo establecido en la doctrina de la OEA, así como las obligaciones y compromisos adquiridos por los Estados a partir del 2003, como se explica a continuación.

El primer uso del término de Seguridad Multidimensional se dio en la Asamblea General de Bridgetown en el 2002, cuando al criterio tradicional de seguridad, es decir, las amenazas de tipo militar fueron incorporadas nuevas problemáticas sociales, políticas, económicas, de seguridad humana (PNUD, 1994)² y medio ambiente (Stein, 2017). Pero el concepto fue adoptado final y oficialmente por la OEA (2003), en la “Conferencia especial de Seguridad” efectuada en México, con la participación de todos embajadores de los Estados miembros, cuya conclusión se centró en su preocupación por la paz y la seguridad hemisférica, donde concluyeron que “la seguridad en el hemisferio es de alcance multidimensional” (OEA, 2003, p. 1) e incorporaron en sus discusiones, las nuevas amenazas (Delincuencia Organizada Transnacional - DOT), terrorismo y las vulnerabilidades sociales y ambientales)³, a las amenazas tradicionales (amenazas al territorio nacional y desafíos a la soberanía y la independencia)⁴.

Se puede deducir de lo anterior cómo el Poder Aéreo

² La seguridad humana tiene dos aspectos principales. En primer lugar, significa seguridad contra amenazas crónicas como el hambre, la enfermedad y la represión. En segundo lugar, significa protección contra alteraciones súbitas y dolorosas de la vida cotidiana, ya sea en el hogar, en el empleo o en la comunidad. Dichas amenazas pueden existir en todos los niveles de ingreso y desarrollo de un país.

³ Nuevas amenazas: Delincuencia Organizada Transnacional (corrupción, lavado de activos, trata de personas, tráfico ilícito de armas y drogas y la conexión entre estas), terrorismo (acceso a las armas de destrucción masiva – ADM, ataques a la seguridad cibernética) y vulnerabilidades sociales y ambientales (pobreza extrema y exclusión social, desastres naturales de origen humano, VIH/Sida y otras enfermedades, deterioro del medio ambiente y accidentes de materiales peligrosos).

⁴ Amenazas tradicionales: amenazas al territorio nacional y desafíos a la soberanía y la independencia.

está inmerso en el compromiso para dar respuestas y soluciones a los problemas de la Seguridad Multidimensional, más aún, las teorías de los grandes pensadores del tema toman fuerza y permanecen aún más vigentes, puesto que refuerzan su papel fundamental en una doctrina propuesta por la OEA. Lo importante es hacer uso del Poder Aéreo en conjunción con la Seguridad Multidimensional, en un enfoque legítimo de los Estados, de primer orden y contundente en lo que se requiera. Lo anterior, daría validez al siguiente argumento:

El Poder Aéreo puede percibirse como una herramienta sofisticada y polivalente que puede ser usada contra cualquier tipo de enemigo, sea simétrico o asimétrico. La diferencia entre un éxito arrollador o un fracaso catastrófico en el uso de esta maravillosa herramienta reside en emplear la función adecuada para la necesidad concreta (...) (Palermo, 2006, párr. 43).

Sin embargo, el Poder Aéreo abarca mucho más que lo expresado por Palermo. Por ejemplo, como una herramienta empleada en toda su flexibilidad, la contribuye en situaciones de la seguridad humana en un rescate, una evacuación aeromédica, la extinción de incendios, el transporte de ayuda humanitaria y en un sinnúmero de misiones, convirtiéndolo en el mejor y más rápido instrumento para llegar a donde el ser humano lo necesite, más allá de las obligaciones de seguridad y defensa que también hacen parte de la Seguridad Multidimensional. Aquí se puede ver claramente un rol distinto al de defensa frente a las amenazas externas (tradicionales), el cual ya está circulando en las tareas de las FF. MM. de algunos países del mundo, especialmente de Colombia.

El empleo del Poder Aéreo a las nuevas amenazas y sus características a partir de la globalización y aplicación de las TIC

Ahora, esta doctrina de la Seguridad Multidimensional, abarca toda la problemática hemisférica de la violencia transnacional (sin que esto sea un límite por ser doctrina de la OEA, puesto que afecta al mundo entero), producto de desigualdades, deficiencias de los gobiernos en el manejo de la seguridad interna y desarrollo, como también la falta de oportunidades para los ciudadanos, la corrupción y las condiciones de pobreza extrema, entre otras razones, han originado en buena parte al incremento considerable de todas las formas de violencia; llegando inclusive a la estructuración de la Delincuencia Organizada Transnacional - DOT, y al terrorismo, fenómenos que se encuentran en circulación transfronteriza y a la que impactan directamente al desarrollo, la estabilidad y la libertad del hemisferio. Situaciones que hoy en día son preocupación global.

En este contexto, el uso del Poder Aéreo se hace necesario; no solo para conflictos entre los estados, sino, en un conflicto interno y asimétrico, que de acuerdo con el significado dado por el Mayor José Palermo en su documento *Redefiniendo asimetrías en el empleo del Poder Aéreo*, “se refiere a la manera y medios extremos de lucha que no corresponden a los objetivos y medios de combate del oponente, utilizando recursos diferentes a los del adversario” (2006, párr. 4). Sin embargo, el concepto de conflicto asimétrico debe ser diferenciado como lo menciona Palermo, del término guerra asimétrica, que por las características y las diferencias de poder e intensidad del conflicto como el caso colombiano; bien podría utilizarse el término, y que finalmente se define como aquel conflicto armado en gran escala donde la relación entre las partes implica una considerable diferencia respecto de los “poderes militares” en pugna.

Según Palermo, “los “enemigos asimétricos” son una realidad, están entre nosotros y la pregunta no es si los enfrentaremos, sino cuándo, cómo y dónde lo haremos” (2006, párr. 78). Frente a esto, el Poder Aéreo proporciona la flexibilidad, el alcance y la velocidad que militares y policías requieren para combatirlo, en el contexto de la legalidad en materia de derechos, en beneficio de la Seguridad Multidimensional.

Ahora bien, frente a la problemática de seguridad, de la cual Colombia no es la excepción, la OEA recopiló las formas de afectación a la vida humana como objetivo central de la Seguridad Multidimensional, y ha trabajado desde mucho tiempo atrás en la integración permanente de los Estados en la conformación de alianzas y cooperación contra las vulnerabilidades y preocupaciones a fin de proteger al ser humano, como lo son las medidas del fomento de la confianza, acordadas en la declaración de Santiago (OEA, 1995), para “afianzar la paz y la seguridad en el hemisferio” (párr. 1), así como los Libros Blancos, incluidos en las citadas medidas de confianza.

De lo anterior, se puede deducir cómo la problemática de Seguridad Multidimensional no solo implica a militares y policías; ellos tan solo son una parte de un acuerdo suscrito por los presidentes de los Estados, quienes pactan tomar medidas que enfrenten la problemática de seguridad y defensa de sus países. De tal forma que el Poder Aéreo es parte fundamental en ese orden, como fragmento de la sinergia que el Poder Militar reúne para cumplir con las necesidades constitucionales para la preservación de la seguridad y la defensa del país. Sin embargo, la sinergia desde el punto de vista del Poder Aéreo, según Frederick Baier en su artículo *Cincuenta preguntas que todo aviador puede contestar*, se describe como:



La idea de que la combinación de diferentes capacidades crea efectos más potentes que cuando se usan de forma individual. Sinergia es crecimiento exponencial de efecto, no crecimiento lineal. Cuando los aviadores miramos el potencial del poderío aeroespacial para crear efectos, rápidamente nos damos cuenta que los efectos secundarios, terciarios y sucesivos (a menudo descritos como efectos en “cascada”) resultan de la aplicación sinergista de las diferentes capacidades del poderío aeroespacial. Cada una de nuestras capacidades fundamentales resulta de la naturaleza sinergista del poderío aeroespacial (2005, párr. 30).

La anterior afirmación, demuestra aún más, la importancia de primer orden que el Poder Aéreo tiene a la hora de potencializarse en la conjunción, siendo un elemento de enormes capacidades.

Es así como la Seguridad Multidimensional y el Poder Aéreo, guardan una estrecha relación en lo que se refiere a la ser humano, su protección, por el solo derecho que tiene a la seguridad. En este argumento, la Declaración de la Seguridad de las Américas de la OEA en el 2003 (OEA, Conferencia Especial sobre Seguridad, 2003), refiere lo siguiente:

El fundamento y razón de ser de la seguridad es la protección de la persona humana. (...) Las condiciones de la seguridad humana mejoran mediante el pleno respeto de la dignidad, los derechos humanos y las libertades fundamentales de las personas, así como mediante la promoción del desarrollo económico y social, la inclusión social, la educación y la lucha contra la pobreza, las enfermedades y el hambre, (...) el concepto y los enfoques tradicionales deben ampliarse para abarcar amenazas nuevas y no tradicionales, que incluyen aspectos políticos, económicos, sociales, de salud y ambientales. (p. 3)

En este enfoque dado a la seguridad en el hemisferio de carácter multidimensional y aclarando un poco acerca del fundamento de la protección de los seres humanos, manifestado en las declaraciones de la OEA en ciudad de México en la Conferencia Especial sobre Seguridad, 2003 y Nuevo León en la Declaración de Nuevo León, (2004), aparecen dos términos asociados y parte de la Seguridad Multidimensional: la seguridad humana⁵ la cual se trató al

⁵ Seguridad humana: de acuerdo con el concepto de la Secretaría de Seguridad Multidimensional de la OEA del 2011, “tiene dos aspectos principales. En primer lugar, significa seguridad contra las amenazas crónicas como el hambre, la enfermedad y la represión. En segundo lugar, significa protección contra alteraciones súbitas y dolorosas de la

comienzo de este escrito y la seguridad nacional⁶, que son necesarios conocer para mejorar los conocimientos en el tema, en la legitimización del uso del poder militar.

La seguridad humana se enfoca en el individuo como “preocupación universal” (PNUD, 1994, p. 22), “por la vida y la dignidad humana” (PNUD, 1994, p. 25), que adquiere el valor hemisférico multidimensional; alineado con sus libertades respecto al miedo y sus necesidades. Un ejemplo clásico de las preocupaciones de la seguridad humana viene de Albert Einstein después de la detonación de la bomba nuclear al expresar si la “humanidad ha de sobrevivir” (PNUD, 1994, p. 25), pues se había descubierto la mejor forma de acabar con los seres humanos. Y la seguridad ciudadana como parte de la seguridad humana, va dirigida a la seguridad de las personas dentro del Estado (OEA, Comisión Interamericana de Derechos Humanos, 2017), frente a la defensa del territorio y la soberanía. Como se citó anteriormente, los dos conceptos están ligados a la Seguridad Multidimensional y fueron motivo de definición por parte de la OEA en la estructuración general de la preocupación por la paz y seguridad en el hemisferio, mencionado anteriormente.

La armonía de empleo del Poder Aéreo frente a los escenarios de preocupaciones y nuevos desafíos a la seguridad

Por otra parte, y a fin de entender “las amenazas, preocupaciones y otros desafíos” (OEA, Conferencia Especial sobre Seguridad, 2003) de la Seguridad Multidimensional, es necesario retomar lo explicado anteriormente, en el sentido de que las amenazas se clasifican en dos: las amenazas tradicionales y las nuevas amenazas. Las primeras (amenazas tradicionales) concebidas desde tiempo atrás, son aquellas agresiones contra los países y sus ciudadanos, provenientes de “fuerzas externas” o amenazas propias de la defensa de las naciones (Blackwell, 2017).

Hay una estrecha relación entre defensa y seguridad (amenazas tradicionales y nuevas amenazas), si se quiere analizar desde una óptica más sencilla de entender. Guzmán define ambos conceptos de esta forma:

Seguridad (...) como todas aquellas actividades necesarias para proteger los intereses del país cuando este se ve enfrentado a riesgos y amenazas o interferencias que afecten su desarrollo

vida cotidiana, ya sea en el hogar, en el empleo o en la comunidad. La seguridad humana siempre ha tenido dos componentes fundamentales: libertad respecto del miedo y libertad respecto de la necesidad”.

⁶ Seguridad nacional: de acuerdo con el concepto de la Secretaría de Seguridad Multidimensional de la OEA del 2011, debe entenderse como la seguridad del Estado, es decir, la seguridad de todas las personas que lo conforman.

social y económico. Es así como la defensa contribuye a la seguridad del país tanto por medio de su preparación para el empleo legítimo de la fuerza, su contribución a la disuasión y la participación de sus medios en misiones de cooperación internacional (Guzmán, 2013, p. 76).

De esta manera, el Poder Aéreo se convierte en un “elemento clave para lograr la parálisis estratégica y la subsecuente victoria militar” (Valente, 2017, párr. 13), sobre un enemigo, en función de seguridad y defensa y como herramienta de desarrollo nacional, denotando así que las capacidades aéreas de una nación deben estar puestas al servicio de todas esas necesidades de protección que el ser humano requiere; en el tiempo, lugar y modo requerido y de forma oportuna e inmediata.

No obstante, en temas de protección en términos de amenazas tradicionales y nuevas amenazas de la Seguridad Multidimensional, es necesario incluir conceptos de la doctrina aérea como la superioridad aérea⁷, indispensable para que el Poder Aéreo pueda desenvolverse con “libertad de acción” (Baier, 2005), seguridad y tranquilidad en su propio territorio, a fin de proveer las condiciones de seguridad y defensa que la Seguridad Multidimensional requiere, porque quien controla el espacio aéreo generalmente controla el terreno (Meilinger, 1996). En términos más concretos, una relación en que la superioridad aérea es un objetivo del Poder Aéreo para actuar en garantía a la Seguridad Multidimensional.

Es así como la superioridad aérea soluciona problemas de Seguridad Multidimensional, al ser un elemento disuasivo frente a las amenazas tradicionales y nuevas amenazas, un factor de desequilibrio psicológico a las acciones que otro país o la DOT y el terrorismo, puedan llegar a cometer contra el propio Estado, coadyuvando entre muchas y quizá la más importante: la parálisis estratégica del adversario, entendiendo esto “como la imposibilidad física del enemigo para oponerse a nuestra voluntad. (...) Negando al comando enemigo la capacidad de responder racionalmente y de esa manera hacerle incapaz” (Valente, 2017), de come-

ter acciones en contra de los propios intereses en materia de seguridad y defensa.

Con base en lo anterior, y frente a la evolución de amenazas emergentes (Blackwell, 2017), así como el incremento de la violencia en el hemisferio americano y dicho anteriormente, se dio origen a las llamadas nuevas amenazas (DOT en todas sus formas y el terrorismo). La inseguridad debido a la DOT es producto de afectaciones e implicaciones (Costa, 2017) directas en lo político, al no lograr obtener la confianza ciudadana con resultados por parte de los gobiernos, en lo económico por los costos de la violencia y su impacto en las economías y proporción del PIB de los países, presentados por el Banco Interamericano de Desarrollo en materia de seguridad ciudadana (Marmolejo, 2014), en derechos humanos por la falta de las garantías estatales para el respeto de estos y en salud pública por los riesgos a la vida e integridad de las personas.

Ahora bien, el terrorismo puede llegar a ser una forma mucho más violenta que la DOT, se puede ver desde el acceso a las Armas de Destrucción Masiva (ADM), los ataques a la seguridad cibernética y los ataques al ser humano: muerte y terror. Es así como los conceptos anteriores se consideran elementos constitutivos de impacto transfronterizo, y cuyos ataques están dirigidos sin distinción contra la población, constituyéndose en riesgos transnacionales de preocupaciones para los Estados del mundo. Este llamado terrorismo es de carácter criminal y “despliegue asimétrico” (Tilly, 2004, p. 5), de amenazas y violencia fuera de control político con propósitos ilegales, dirigidos a buscar terror (Tilly, 2004) en la población; sin fronteras (campo de batalla propio acorde a sus capacidades de alcance) y de difícil supresión de los Estados.

Este terrorismo es combatido en todo el mundo. Por tal razón, el escenario actual de la lucha global contra esta amenaza se constituye en uno de los principales objetivos de disputa por la seguridad en los países afectados por las bombas, decapitaciones, violaciones, secuestros, tráfico humano y muchos otros actos de muerte y terror, que son combatidos en todos los campos del poder, pero principalmente del Poder Aéreo, a través de la superioridad aérea, que brinda mayor efectividad y protección a las tropas que combaten por tierra la misma amenaza, sin demeritar los grandes esfuerzos en tierra y superficie en la conjuntos operacional que ha sido efectiva en Colombia en los últimos años, y que tiene a militares y policías nacionales en los primeros órdenes de confianza por su sacrificio.

De las situaciones anteriores: DOT y terrorismo como parte de las nuevas amenazas y el tema de preocupaciones y desafíos que se tratará más adelante, Víctor Guzmán

⁷ Superioridad aérea es un estándar relativo de libertad de acción que describe la capacidad de conducir operaciones aéreas contra un adversario sin que las fuerzas del adversario opongan obstáculos insuperables a nuestras acciones. La superioridad aérea es una escala deslizante basada en medidas objetivas y factores subjetivos; su presencia o ausencia está determinada por el criterio y experiencia del comandante apropiado, a menudo suplementada por recomendaciones de sus oficiales o subordinados. La historia nos indica que en última instancia la superioridad aérea proporciona mucho más que la simple libertad de operación a las fuerzas aeroespaciales. Proporciona a la totalidad de la fuerza conjunta la condición de estar libres de ataques, la libertad de maniobra y la libertad de atacar (Baier, 2005).



(2013), en su artículo cita a David Pion-Berlin en *Militares y democracia en el nuevo siglo*, acerca del rol de los militares (incluido el Poder Aéreo) y en general de las Fuerzas Armadas (en adelante: FF. AA.), el cual será ampliado con mayores responsabilidades frente a temas internos como los mencionados anteriormente y que van más allá de su rol tradicional, de la siguiente forma:

Muchas situaciones extremas, donde los gobiernos suelen verse en apuros, terminan con la solicitud del poder político, es decir de la civilidad, para que las FF. AA. intervengan en asuntos específicos, sea para controlar situaciones de violencia extrema en sectores de una ciudad o para enfrentarse a las bandas de narcotraficantes, o bien para atender desastres naturales que sobrepasan las capacidades civiles, una tendencia generalizada que fue analizada en términos positivos en la reunión de los ministros de Defensa en noviembre de 2010 (Guzmán, 2013, p. 180).

Es claro que en el futuro esta situación, especialmente en el hemisferio sur, se estará viendo con la mayor normalidad, como actualmente se observa en Colombia; no solo en temas de catástrofes y temas medioambientales de las preocupaciones y desafíos multidimensionales, sino en las operaciones contra estas organizaciones, como parte de una doctrina que ha venido evolucionando, como es el caso del combate contra el narcotráfico, la minería criminal, estructuras criminales, entre muchas, citadas al inicio de este escrito.

A propósito del narcotráfico como la principal fuente de recursos para la DOT y el terrorismo, Guzmán argumenta:

Involucrar a las FF. AA. en la lucha contra la droga requiere de cambios doctrinales y de misión militar, añadiendo la dificultad adicional de que el éxito final dependerá de la calidad de la democracia y solidez institucional de cada país, toda vez que uno de los objetivos de las bandas de narcotraficantes es ir creando “espacios vacíos” donde imponer su autoridad para crear parcelas de su propia legitimidad (2013, p. 181).

Ante este panorama que genera mayores responsabilidades al rol de los militares, incluyendo al Poder Aéreo, “es necesario un rediseño del sistema que sea capaz de manejar las redes globales y las complejidades multidimensionales que emergen en un constante sinfín” (Guzmán, 2013, p. 194). Lo anterior implica: acoger la Seguridad Multidimensional como doctrina; no solo en terminología, sino en la arquitectura de la seguridad constituida por la OEA para

enfrentar todas las amenazas a la seguridad, para así generar una respuesta hemisférica, regional y con aporte global a estas amenazas transnacionales que afectan hoy en día al planeta entero. Es también cumplir con las obligaciones pactadas, acudir a las reuniones de ministros de Defensa a trabajar en beneficio de la seguridad del hemisferio con resultados globales y adoptar las medidas de confianza que garanticen, entre otras, la cooperación para el desarrollo, el combate a las amenazas transnacionales y fortalecer la mencionada seguridad.

Por otro lado, están las vulnerabilidades sociales y ambientales (pobreza extrema, exclusión social, desastres naturales y de origen humano, el Sida y otras enfermedades, el deterioro del medio ambiente y accidentes de materiales peligrosos), que se constituyen en las preocupaciones y desafíos multidimensionales. Estas vulnerabilidades de los estados afectan el desarrollo nacional (bienestar), el sentido humanitario (las emergencias) y seguridad (amenazas y riesgos). La pobreza extrema y exclusión social, los desastres naturales y de origen humano, el VIH/Sida y otras enfermedades y el deterioro del medio ambiente, son entre otros, desafíos en materia de seguridad, puesto que la efectividad de la respuesta estatal o no, genera la focalización de escenarios de protesta, violencia y profundas divisiones sociales.

Es en este escenario multidimensional, el Poder Aéreo juega un papel importante y que va más allá de su empleo como arma. Tal como lo argumenta “John Warden, el Poder Aéreo transporta información estratégica: alguna es negativa (como las bombas), y otra es positiva (como los alimentos)” (Meilinger, 1996, párr. 19). Desde esta perspectiva, la Seguridad Multidimensional pasa a ser beneficiada por las capacidades del Poder Aéreo.

Independientemente de un posacuerdo, lo cierto es que en el caso de Colombia, la necesidad de enfrentar el terrorismo y mantener la democracia, los buenos niveles de economía y un aceptable desarrollo social, requiere que el empleo de los militares multiplique la labor de la Policía Nacional, mejorando la seguridad, la confianza y fortaleciendo las políticas de seguridad (Blackwell, 2017).

Finalmente, en este sentido, en los países del hemisferio sur, puede observarse una lista extensa de preocupaciones y desafíos de la Seguridad Multidimensional, donde el Estado tiene la principal obligación en materia de protección y seguridad, en la constitución de políticas de Estado, gobierno y públicas, a fin de garantizar las condiciones de vida digna de sus ciudadanos. De tal forma, el Poder Aéreo como parte del poder militar, debe actuar de manera efectiva en la solución de esta problemática social que afecta la seguridad, mediante la conducción de operaciones a todo

tiempo como: el transporte de material y personal en situaciones de catástrofes de origen natural o las producidas por el mismo hombre: rescates, transporte aeromédico, extinción de incendios, cooperación en trabajos de infraestructura, etc.

Conclusiones

Los problemas de violencia en el hemisferio han sido agrupados y ordenados dentro de un nuevo orden multidimensional, que busca analizar la situación de violencia de los países Latinoamericanos como Colombia, para dar solución en prevención y superación de las preocupaciones frente al alto riesgo a la vida, enfocando el esfuerzo al ser humano, más allá de las sociedades y los estados en los que habite.

La respuesta de los estados a la “cultura de la transgresión” (poder instalado y menosprecio del pueblo) (Sorj y Martuccelli, 2017, p. 126), debe enfocarse a la planificación de políticas de seguridad humana, fortalecimiento de las relaciones internacionales, mediante acuerdos en materia de seguridad que permitan alcanzar el desarrollo socioeconómico y reduzca las amenazas y riesgos a la vida del individuo.

Las respuestas institucionales y estatales frente a las amenazas, partiendo del desarrollo y crecimiento de la problemática criminal como sucede en Colombia, ha llevado a los Estados a una reestructuración en políticas de seguridad como el “Consenso de Santo Domingo sobre Seguridad Pública” (OEA, segunda reunión de ministros en materia de Seguridad Pública de las Américas MISPA II, 2009), donde los ministros de Defensa o Seguridad concuerdan en la implementación de un programa en materia de seguridad en cada Estado, y avanzar en aspectos de información y mutua cooperación en temas de Seguridad Multidimensional.

En este escenario hemisférico, se da la integración y participación directa de las Fuerzas Militares en operaciones de orden interno en los Estados como en Colombia, en donde el espectro operacional ha alcanzado mayores niveles en beneficio de la población, víctima de todas las amenazas multidimensionales, inclusive el terrorismo, que en más de 50 años ha azotado al pueblo colombiano, con lamentables pérdidas de vidas no solo de civiles, sino también de militares y policías en su función de seguridad (Blackwell, 2017).

Un aspecto importante es el de la participación del Poder Aéreo (incluido en el poder militar) en sacar adelante el programa de los 17 “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (Naciones Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible,

2015), considerados por la misma Organización de las Naciones Unidas como un “conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible” (ONU, 2015, p. 1).

De lo anterior, el rol de militares y policías también es otro; no solamente lo acostumbrado en términos de conflicto externo o interno (amenazas tradicionales y nuevas amenazas), sino, precisamente las preculaciones y desafíos de la Seguridad Multidimensional, que implica compromiso en sacar adelante proyectos de desarrollo social y la conducción de operaciones aéreas por la vida y dignidad humana.

El Poder Aéreo y la Seguridad Multidimensional tienen una relación estrecha que conlleva a un planteamiento del mapa de la seguridad y la defensa de una nación como Colombia; involucrando dos doctrinas que potencializan el actuar de un Estado en la solución de conflictos externos, internos y la problemática social interna, en términos más sencillos: la adaptación del Poder Aéreo colombiano; doctrina, capacidades y medios, a la Seguridad Multidimensional establecida por la OEA desde el 2002.

Todo lo anterior se convierte en una forma de innovar hacia la transformación unificada de conceptos que ya existen. Solo es mezclarlos y sacar de ellos el mejor provecho. A propósito de la innovación de los militares, el expresidente norteamericano George Bush plantea:

La formación de una institución militar del siglo XXI demandará más que nuevas armas. También demandará un espíritu de innovación renovado de nuestros cuerpos de oficiales. No podemos transformar nuestros servicios militares usando armas antiguas y planes obsoletos. Ni podemos hacerlo con un modo de pensar burocrático anticuado que frustra la creatividad y el espíritu emprendedor que necesitarán los servicios militares del siglo 21 (McNerney, 2005).

El Poder Aéreo y en general, el poder militar, debe ser cada día más innovador, conforme a las necesidades de un Estado, pero con la convicción de que el gobierno sea su padrino en la transformación y cambios que este debe tener, acorde a la tecnología, medios y economía necesaria para mantenerlo y constituirlo como uno de los mayores bienes de patrimonio, que permite soluciones a la Seguridad Multidimensional.



Referencias

- Baier, F. (2005). Cincuenta preguntas que todo Aviator puede Constar. *Air & Space Power Journal*. Recuperado de <http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-s/2005/3tri05/baier.html>
- Blackwell, A. (2017). *Seguridad Multidimensional: "enfrentando nuevas amenazas"*. Recuperado de <https://adamblackwell.wordpress.com/2014/07/23/seguridad-multidimensional-enfrentando-nuevas-amenazas/>
- Costa, G. (2017). Seguridad ciudadana y delincuencia organizada transnacional en las Américas: situación y desafíos en el ámbito interamericano. *Revista Internacional de Derechos Humanos*, 9(16), 133. Recuperado de <http://www.conectas.org/es/acciones/es-revista-sur/edicion/16/544-seguranca-publica-e-crime-organizado-transnacional-nas-americas-situacao-e-desafios-no-ambito-interamericano>
- Guzmán, V. M. (2013). Rol y funciones de las Fuerzas Armadas en el siglo XXI: un enfoque desde las nuevas estrategias de seguridad. En A. N. Anepe (Editor), *Revista Política y Estrategia*, 232. Santiago de Chile: Julio E. Soto Silva e Iván Rojas Coromer.
- JEA. (2016). *Manual de doctrina básica aérea y espacial, cuarta edición*. Bogotá: Departamento Fuerza Aérea ESDEGUE.
- Marmolejo, M. D. (2014). *5 Aspectos claves del trabajo del BID en Seguridad Ciudadana*. Washington: BID.
- McNerney, M. (2005). Innovación militar en tiempos de conflicto. ¿Es demasiado riesgoso? *Air & Space Power Journal*. Recuperado de <http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-s/2005/2tri05/mcnerney.html>
- Meilinger, C. P. (1996). Diez propuestas en relación con el Poder Aéreo. *Air & Space Power Journal*. Recuperado de <http://www.au.af.mil/au/afri/aspj/apjinternational/apj-s/1996/4trimes96/meilinger.html>
- OEA. (1995). *Declaración de Santiago sobre medidas de fomento de la confianza y de la seguridad*. Consejo Permanente de la Organización de los Estados Americanos. Recuperado de <http://www.oas.org/csh/spanish/mfcdeclsant.asp>
- OEA. (2003). *Conferencia especial sobre seguridad*. Recuperado de http://www.oas.org/36AG/espanol/doc_referencia/DeclaracionMexico_Seguridad.pdf
- OEA. (2004). *Declaración de Nuevo León*. Recuperado de https://www.oas.org/36ag/espanol/doc_referencia/CumbreAmericasMexico_DeclaracionLeon.pdf
- OEA. (2009). *Segunda reunión de ministros en materia de Seguridad Pública de las Américas MISPA II*. Recuperado de http://www.oas.org/dsp/espanol/cpo_mispa2.asp
- OEAa. (2017). *Organización de los Estados Americanos*. Carta Democrática Interamericana. Recuperado de http://www.oas.org/OASpage/esp/Documentos/Carta_Democratica.htm
- OEA b. (2017). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*. Recuperado de <https://www.oas.org/es/cidh/docs/pdfs/SEGURIDAD%20CIUDADANA%202009%20ESP.pdf>
- ONU. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Recuperado de https://www.unric.org/html/english/library/backgrounders/sdgs_spanish.pdf
- Palermo, J. (2006). *Redefiniendo Asimetrías en el Empleo del Poder Aéreo*. Obtenido de *Air & Space Power Journal*: <http://www.au.af.mil/au/afri/aspj/apjinternational/apj-s/2006/2tri06/palermo.html>
- PNUD. (1994). *Informe sobre desarrollo humano 1994*. México: Fondo de Cultura Económica, S. A. de C. V. Recuperado de http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_1994_es_completo_nostats.pdf
- Sorj, B., y Martuccelli, D. (2017). *III. Problemas y promesas: economía informal, crimen y corrupción, normas y derechos*. En Centro Edelstein de Pesquisas Sociais (Ed.), *El desafío latinoamericano: cohesión social y democracia* (pp. 125-167). Recuperado de <http://books.scielo.org/id/4fdcs/pdf/sorj-9788579820793-04.pdf>
- Stein, A. (2017). *El concepto de Seguridad*. Recuperado de https://www.peaceportal.org/documents/13_0226273/130473587/El+Concepto+de+Seguridad+Multidimensional/61ea9879-48a6-464e-985c-8b75354eda21
- Tilly, C. (2004). Terror, terrorism, terrorists. *Sociological Theory, Theories of Terrorism: A Symposium*, 22(1), 5-13.
- Valente, D. O. (2017). La campaña aérea como teoría del Poder Aéreo y su aplicabilidad en Latinoamérica. *Air Power Journal Internacional*. Recuperado de <http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-s/1997/3trimes97/valeal.htm>



APLICACIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS EN LA SALUD: CASO EN LA ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA¹

INTERNET OF THINGS IN HEALTHCARE: CASE IN CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE²

A APLICAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS NA SAÚDE: NO CASO NA DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA³

Leonardo Juan Ramírez López⁴, Andrés Fernando Marín López⁵, Arturo Rodríguez García⁶

Universidad Militar Nueva Granada -UMNG, Bogotá, Colombia
Universidad Santiago de Chile, Santiago, Chile

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 82-92

Recibido: 16/01/2017

Aprobado por evaluador: 06/02/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.589>



Para citar este artículo:

Ramírez López, L. J., Marín López, A. F. y Rodríguez García, A. (2018). Aplicación del Internet de las Cosas en la salud: caso en la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 82-92. doi: https://doi.org/10.18667/cienciaypoder_aereo.589

¹ Artículo científico original, que recoge los resultados de la implementación de tecnología IoT para monitorizar variables fisiológicas de pacientes con enfermedades crónicas. Este proyecto pertenece a la línea de investigación de Telemetría del grupo de investigación en Telemedicina de la Universidad Militar Nueva Granada – TIGUM, financiado por la Universidad Militar Nueva Granada PIC-ING-2236.

² Original scientific article that collects the results of the internet of things technology to monitor physiological variables in patients with chronic diseases. This project belongs to the research lines of Telemetrics of the research group in telemedicine of Universidad Militar Nueva Granada, funded by Universidad Militar Nueva Granada PIC-ING-2236.

³ Artigo científico original, que inclui os resultados da implementação da tecnologia IoT para monitorar variáveis fisiológicas de pacientes com doenças crônicas. Este projeto pertence à linha de pesquisa em Telemetria do grupo de pesquisa em Telemedicina da Universidade Militar Nueva Granada - TIGUM, financiada pela Universidad Militar Nueva Granada. PIC-ING-2236.

⁴ Ingeniero electrónico, magíster en Ingeniería de Sistemas y doctor en Ingeniería Biomédica. Líder del grupo de investigación en Telemedicina de la Universidad Militar Nueva Granada - TIGUM, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: tigum@unimilitar.edu.co

⁵ Ingeniero en telecomunicaciones. Investigador del grupo TIGUM, de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: ti-gum@unimilitar.edu.co

⁶ Ingeniero mecánico-eléctrico, magíster en Telecomunicaciones, doctor en Ciencias de la Ingeniería. Líder del grupo de investigación en Nuevas Tecnologías – GINT-USACH, Santiago, Chile. Correo electrónico: arturo.rodriguez@usach.cl

Resumen: La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica – EPOC, corresponde a las diversas dolencias pulmonares crónicas que limitan el flujo de aire en los pulmones. Actualmente, presenta un importante aumento en su prevalencia y mortalidad a nivel mundial, siendo actualmente, según la Organización Mundial de la Salud, la cuarta causa de mortalidad en el mundo, donde más del 90 % de estas muertes se producen en países de bajos y medianos ingresos. En Colombia es la cuarta causa de muerte, llegando en el 2016 a 38 muertes diarias. Por esto, el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021, establece las intervenciones que deben ser implementadas desde la prevención, detección temprana, tratamiento y rehabilitación. Esta investigación propone la implementación del Internet de las Cosas en una solución costo-efectiva para el monitoreo de esta enfermedad, mediante la medición constante de la temperatura corporal, saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca con sensores de bajo costo que permitan analizar y emitir alarmas de prevención temprana. Los resultados permiten afirmar que todas las medidas realizadas con el Sistema IoT desarrollado permanecen en el intervalo de confianza de los equipos tomados como referencia.

Palabras clave: EPOC, Internet de las Cosas, monitoreo, telemedicina.

Abstract: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), which includes various chronic pulmonary diseases, causes limitations in lung airflow. COPD, now the fourth leading cause of death worldwide, poses a significant growth in its prevalence and mortality globally. According to the World Health Organization, more than 90 % of COPD deaths occur in low or middle-income countries. In Colombia, it is the fourth cause of death totaling 38 deaths per day in 2012. Consequently, the ten-year Health Plan (2012-2022) establishes the interventions to be implemented from prevention, early detection, treatment and rehabilitation. This research aims to implement IoT model within a cost-effective solution to monitor this disease through constant measurement of body temperature, oxygen saturation, and heart rate using low-cost sensors that permit to analyze and provide early prevention alarms. Results/Outcomes allow us to assert that all measurements conducted with this developed IoT System remain within confidence intervals in the equipment chosen/used as reference.

Keywords: COPD, Internet of Things, monitoring, telemedicine.

Resumo: A Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica - DPOC, corresponde às várias doenças pulmonares crônicas, que limitam o fluxo de ar nos pulmões. Atualmente, apresenta um aumento significativo na sua prevalência e mortalidade a nível mundial, e é atualmente, de acordo com a Organização Mundial de Saúde, a quarta causa principal de morte no mundo, onde mais do 90% destas mortes ocorrem em países de baixa e média renda. Na Colômbia é a quarta causa de morte, em 2016 chegaram a ocorrer 38 mortes por dia. Por isto mesmo, o Plano Decenal de Saúde Pública 2012-2021, estabelece as intervenções a serem implementadas a partir da prevenção, detecção precoce, tratamento e reabilitação. Esta pesquisa propõe a implementação da Internet das Coisas em uma solução de custo-eficaz para o monitoramento desta doença, através da medição constante da temperatura corporal, saturação de oxigênio e frequência cardíaca com sensores de baixo custo que permitam analisar e emitir alarmes de prevenção precoce. Os resultados permitem conferir que todas as medidas tomadas com o sistema IoT desenvolvido permanecem no intervalo de confiança dos equipamentos tomados como referência.

Palavras-chave: DPOC, Internet das Coisas, monitoramento, telemedicina.

Preliminares

A continuación se explican algunos términos para la comprensión de la investigación desarrollada:

Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica – EPOC

Según la Organización Mundial de la Salud – OMS, no es una sola enfermedad sino un concepto general que designa diversas dolencias pulmonares crónicas que limitan el flujo de aire en los pulmones, es prevenible, tratable y conduce a incapacidad e incluso la muerte (OMS, 2015a). Entre los factores de riesgo para desarrollar EPOC están el tabaquismo, la exposición a biomasa, la contaminación ambiental y la exposición laboral (contaminantes ambientales: ozono, partículas en suspensión (PM), monóxido de carbono (CO), dióxido de sulfuro (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y otros gases), antecedente de tuberculosis, enfermedades respiratorias inferiores en la infancia y los factores genéticos (Ministerio de Salud, 2016).

Internet de las Cosas – IoT

Según la Organización Mundial de la Salud – OMS, no es una sola enfermedad sino un concepto general que designa diversas dolencias pulmonares crónicas que limitan el flujo de aire en los pulmones, es prevenible, tratable y conduce a incapacidad e incluso la muerte (OMS, 2015a). Entre los factores de riesgo para desarrollar EPOC están el tabaquismo, la exposición a biomasa, la contaminación ambiental y la exposición laboral (contaminantes ambientales: ozono, partículas en suspensión (PM), monóxido de carbono (CO), dióxido de sulfuro (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y otros gases), antecedente de tuberculosis, enfermedades respiratorias inferiores en la infancia y los factores genéticos (Ministerio de Salud, 2016).

Telemedicina

Es la provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso y la oportunidad en la prestación de servicios a la población que presenta limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica (Ley 1419 de 2010).

Introducción

El EPOC se caracteriza esencialmente por una limitación crónica al flujo aéreo poco reversible y asociada principalmente al humo de tabaco. Se trata de una enfermedad infradiagnosticada, con una elevada morbimortalidad y supone un problema de salud pública de gran magnitud (Miravittles, Calle & Soler-Cataluna, 2012). Se asocia a factores como el tabaquismo, la contaminación del aire e inhala-

ción de productos químicos con una frecuencia constante (OMS, 2015a). Actualmente, estos factores han aumentado los índices de morbimortalidad y hacen que esta enfermedad se convierta en un problema de salud pública de gran magnitud (OMS, 2015b), que anualmente genera un gran gasto en salud (Chapman et al., 2006).

El estudio de prevalencia de la EPOC en Colombia realizado por la Fundación Neumológica Colombiana en el 2005, determinó que a nivel nacional 9 de cada 100 personas mayores de 40 años tenían EPOC, porcentaje que se distribuyó en 8.5 % en Bogotá, 6.2 % en Barranquilla, 7.9 % en Bucaramanga, 8.5 % en Cali y 13.5 % en Medellín (Ministerio de Salud, 2016). Según cifras de mortalidad presentadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, en 2010, del total de muertes ocurridas en Colombia, cerca de 4.500 fueron por enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores atribuidas al consumo de tabaco, incluido la EPOC (DANE, 2010).

La EPOC no es una enfermedad curable, pero es tratada para retrasar su progresión y mejorar la calidad de vida de las personas que la padecen. Habitualmente, el paciente es diagnosticado para iniciar una serie de pruebas de monitoreo de variables fisiológicas, las cuales causan alteraciones que pueden ocasionar la muerte. En el caso de monitorear la pulsoximetría, medida no invasiva de la saturación de oxígeno de la hemoglobina de la sangre arterial, se usa para prevenir la hipoxemia (Pauwels, Buist, Calverley, Jenkins & Hurd, 2012).

Usando la telemedicina, como estrategia de cuidado y seguimiento a pacientes con EPOC, se requiere no solo de recursos económicos para dispositivos para su tratamiento y fármacos, sino además de recursos intangibles como el tiempo de entrenamiento al equipo de salud y a las familias que están al cuidado del paciente (De Aldana et al., 2014). Es por esto que la OMS promueve investigaciones que generen nuevas estrategias costo-efectivas, que involucren sistemas tecnológicos que fortalezcan la capacidad de los servicios de salud (OMS, 2012).

Con esta realidad, el grupo de investigación en Telemedicina de la Universidad Militar Nueva Granada, se ha propuesto mejorar el cubrimiento de las estrategias para el autocuidado de la salud, mediante el desarrollo de aplicaciones móviles (Ramírez y Parra, 2013) y diseñando dispositivos de bajo costo (Ramírez, Rodríguez y Cifuentes, 2014) para diferentes variables fisiológicas y de libre acceso a la sociedad. Llegando a proponer el servicio de telediagnóstico basado en la Arquitectura-Orientada a Servicios (Ramírez, Ubaque y Guillen, 2015).



La presente investigación presenta la medición y seguimiento de la saturación de oxígeno, la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal en pacientes diagnosticadas con EPOC. La innovación incorporada se basa en el uso del Internet de las Cosas – IoT para el registro, almacenamiento y procesamiento de estas señales mediante el diseño de un Hub-IoT, que controla el acceso de informaciones en tiempo real y genera valores promedios, críticos e históricos disponibles en tecnología *Cloud Computing*.

Materiales y método

Materiales



El sistema IoT desarrollado para medición y seguimiento del EPOC, está compuesto de:

Hardware

Las características de los sensores utilizados se explican en la tabla 1.

Tabla 1.

Características técnicas de los sensores utilizados en el sistema IoT

Características	Fabricante	De funcionamiento	Aspecto físico
Temperatura	Referencia: Exsense Número de Modelo: MTS6k017C37C3935A Tapa: de acero inoxidable Recubrimiento: epoxi Cable: separados de PTFE Longitud del cable: 9Fr-24Fr, 100-2000mm	Salida: digital Precisión: +/- 0.1 °C / 1~5 %	
Pulsoxímetro	Referencia: CMS50DL	Rango de medición SpO ₂ : 0 %-100 % Resolución: 1 % para SpO ₂ Precisión: rango de error del 4 % para SpO ₂ Rango de medida FC: 30bpm-250bpm, Precisión: rango de error del 2 %	

Fuente: elaboración propia.

Software

Se desarrollaron programas para plataformas de "código abierto": Raspbian para Raspberry pi, Arduino 101, NetBeans IDE 8.1 y Ubuntu server 16.10 (Intel, 2016).

Método

Para esta investigación se utiliza el método exploratorio-descriptivo, que permite hacer un seguimiento al comportamiento del sistema propuesto. Se realizó en fases: en la primera fase se realiza una comparación de las soluciones existentes que incorporen tecnología IoT en la telemedicina; con esta información se seleccionan los sensores, con base en: aplicación en salud, resolución de medida, portabilidad y costo. En la segunda fase se realiza el diseño y ensamble del sistema que incluya la conectividad a la web y a la tecnología *Cloud Computing*. Finalmente, en la tercera fase, se realiza el proceso de validación técnica y funcional del sistema desarrollado.

Desarrollo

Referentes

Se toma como referente el desarrollo de la "cuna inteligente que genera vínculos con la madre", que crea un ambiente que simula para los bebés prematuros la sensación de estar en el vientre de su madre, y permite a la madre escuchar y monitorear los signos vitales del bebé mediante métodos no invasivos (Agencia Informativa Conacyt, 2016). Otro referente fue el monitor de signos vitales, desarrollado para el hospital de Næstved, usado para monitorear pacientes con cáncer en su tratamiento de quimioterapia: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura corporal y postura, para prevenir niveles de infección por consecuencia de estos tratamientos (Consalud.es, 2016). Finalmente, se tomó el desarrollo de un IoT personal que usa la interconexión de diferentes sensores para medir y hacer seguimiento de la obesidad desde la presión arterial y nivel de glucosa (Lee & Ouyang, 2014).

Medición de las variables fisiológicas

Saturación de oxígeno: el sensor permite ser instalado de forma no invasiva y muestra medición continua de oximetría de pulso. Con esta medida se hace el seguimiento periférico del porcentaje de hemoglobina saturada con oxígeno, por el paso de longitudes de onda específicas a través de la sangre -SpO₂ (López-Herranz, 2003).

Frecuencia cardíaca: se mide la actividad eléctrica del corazón, mediante el registro gráfico del electrocardiograma y la frecuencia cardiaca.

Temperatura corporal: se mide el equilibrio entre la producción de calor por el cuerpo y su pérdida (Ramírez, Marín y Cifuentes, 2015), en el caso de EPOC se analiza esta variable para determinar la relación que tiene esta con la evolución de la enfermedad (Benítez, 2014).

En la tabla 2 presenta las características de los sensores de temperatura.

Tabla 2.

Características de los sensores de temperatura

Sensor	Especificaciones	Precio (dólares)	Variable
LM35	Rango -55 a 150 °C Alta estabilidad Voltaje 4 a 30 V Precisión ±0.5 °C	2 USD	Análoga-no lineal
Fluke infrarojo	Rango -30 a 400 °C Baja estabilidad Voltaje 9 V Precisión: tolerancia de hasta ±1.5 °C	30-40 USD	Digital
Termómetro de mercurio	Rango 35 a 42 °C Alta estabilidad No requiere baterías Precisión: tolerancia de hasta ±0.1 °C	2-3 USD	Análoga
Exsense	Rango 25 a 42 °C Alta estabilidad Excelente resistencia térmica de ciclo Precisión: tolerancia de hasta ±0.5 °C	10 USD	Análoga-lineal

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3, se presenta la comparación para los sensores de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno.

Tabla 3.

Comparación entre sensores de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno

Sensor	Especificaciones	Precio (dólares)	Variable
Datex OHMEDA	Pantalla: no Rango 0-100 Voltaje 2.6-3.6 V Precisión ±1 %	64 USD	Oxímetro
Vitacare	Pantalla: no Rango 0-100 Voltaje 2.6-3.6 V Precisión ±1 %	119 USD	Oxímetro
JZK-301	Pantalla: LED Rango 0-100 Voltaje 2.6-3.6 V Precisión ±2 %	13 USD	Pulsoxímetro

Fuente: elaboración propia.



Interconexión entre sensores

Para realizar la interconexión de los sensores con las tarjetas Arduino-Raspberry Pi a la web y a Cloud para implementar la tecnología IoT, fue necesario adicionar una

plataforma e-Health (E-Health Sensor, 2016), la cual es útil para realizar aplicaciones biométricas en telemedicina. La figura 1 muestra los sensores que pueden ser conectados a la plataforma e-Health.



Figura 1. Plataforma e-Health
Fuente: E-Health Sensor, 2016

La capacidad de sensores a instalar es: pulso cardiaco, oximetría (SPO2), flujo de aire (respiración), temperatura corporal, electrocardiograma (ECG), glucómetría, respuesta galvánica de la piel (GSR - sudoración), presión arterial (esfigmomanómetro) y posición del paciente (acelerómetro).

Resultados

Sistema de medición y seguimiento

El sistema diseñado se presenta en la figura 2. Se compone de cinco módulos que se explican a continuación:

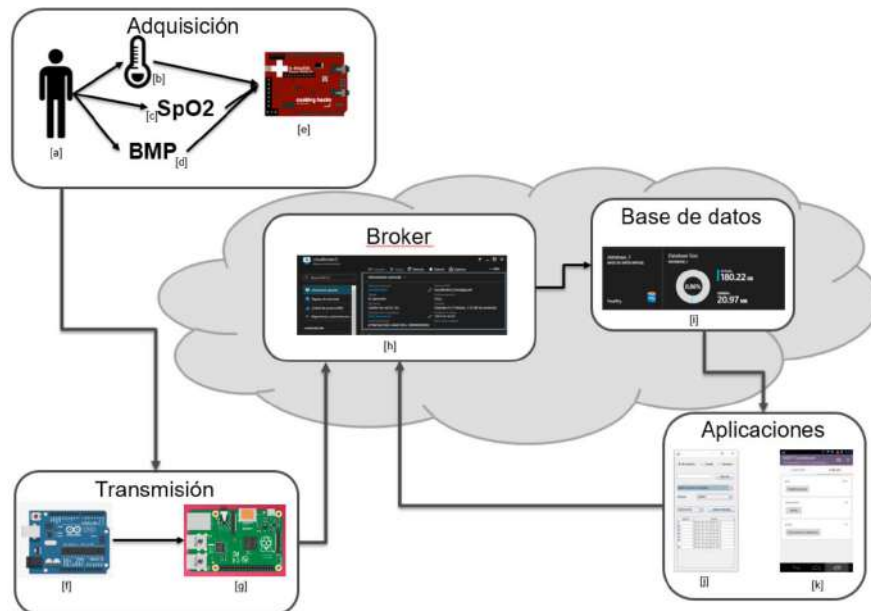


Figura 2. Sistema de medición y seguimiento diseñado
Fuente: elaboración propia

Módulo de adquisición de los datos: este módulo se compone de los siguientes elementos:

El paciente [a]: corresponde a la persona diagnosticada con EPOC, en sus dos formas principales: la bronquitis crónica, la cual involucra una tos prolongada con moco; el enfisema, el cual involucra un daño a los pulmones con el tiempo.

El sensor de temperatura [b]: sensor de la plataforma e-Health que nos permite obtener los datos de temperatura corporal en un rango de 27-45 °C.

El sensor de saturación de oxígeno [c]: sensor de la plataforma e-Health que permite obtener los datos de saturación de oxígeno en un rango de 0-100 %.

El sensor de pulso cardíaco [d]: sensor de la plataforma e-Health que obtiene los datos del pulso cardíaco en un rango de 30-250bpm.

Plataforma e-Health [e]: conectada a las tarjetas Arduino y Raspberry Pi. A través de plataforma se obtienen los datos digitales de los sensores.

Módulo de transmisión: este módulo se compone de los siguientes elementos:

Arduino uno [f]: tarjeta y plataforma de código abierto. Se usó para comunicar de forma serial con la Raspberry Pi a una velocidad 9600 baudios sin paridad con un bit de parada y una trama de 8 bits.

Raspberry Pi [g]: tarjeta con microprocesador que permite la conexión entre el bróker en la nube y la plataforma Arduino. El agente bróker actúa como intermediario entre el comprador de un servicio de *cloud computing* y los vendedores de dicho servicio.

Módulo de comunicación: este módulo se compone de los siguientes elementos:

Comunicación con el bróker mqtt [h]: se realiza mediante el bróker Message Queue Telemetry Transport -mqtt [h]: usando el protocolo machine-to-machine -M2M, orientado a la comunicación entre sensores, debido a que consume muy poco ancho de banda y puede ser utilizado en la mayoría de los dispositivos. La comunicación se logra mediante suscripción y publicación de tópicos (Hunkeler, Truong & Stanford-Clark, 2008).

Comunicación con la base de datos [i]: la base de datos fue creada para almacenar los datos adquiridos por los sensores, está suscrita a los tópicos usados en los sensores y los enviados por la Raspberry Pi.

La figura 3 muestra las conexiones entre los dispositivos y los clientes, utilizando el protocolo mqtt. En donde el mqtt cliente publica la información al bróker, que está configurado en la nube y suscrito para obtener los datos enviados y enviar los datos a los demás dispositivos suscritos al tópic.

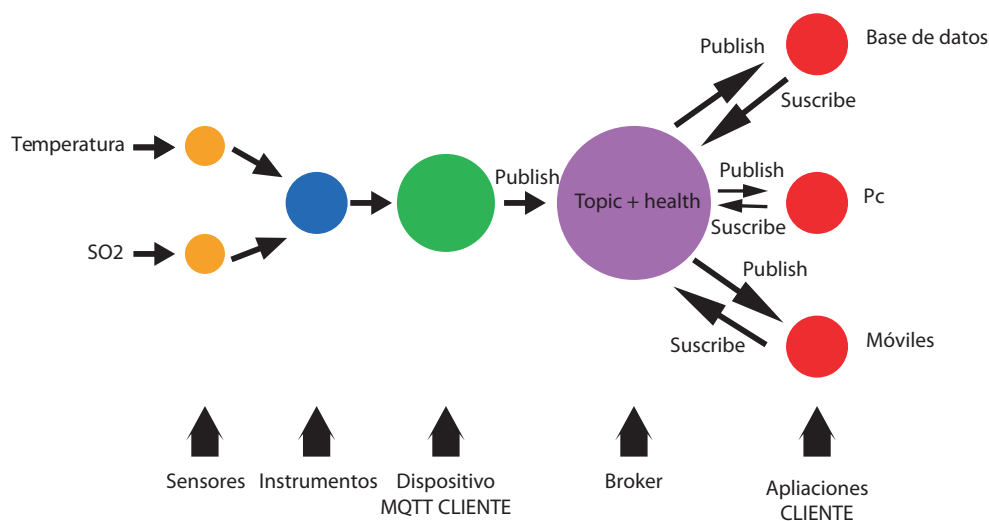


Figura 3. Conectividad entre dispositivos usando mqtt
Fuente: elaboración propia



Módulo de visualización: este módulo se compone de los siguientes elementos:

Aplicación en Java [j]: permite visualizar los datos en la base de datos mediante una interfaz gráfica, diseñada en NetBeans IDE 8.1.

Aplicación en Android [k]: se conecta al bróker, además permite agregar botones, modificar tópicos, publicaciones y suscripciones y generar una configuración personal para cada persona. Utiliza el protocolo mqtt, usuarios y contraseñas para garantizar la seguridad en la conexión. Las aplicaciones desarrolladas se muestran en la figura 4.

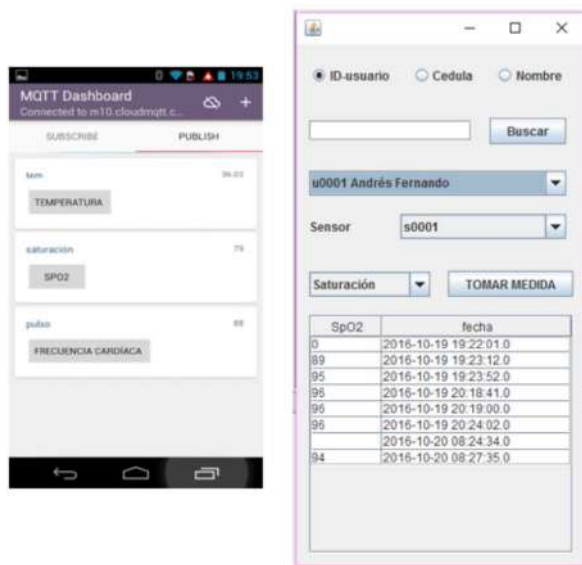


Figura 4. Aplicaciones IoT que permiten la visualización de los datos

Fuente: elaboración propia

Módulo de conexión del sistema a internet: acorde con los avances de la tecnología, usamos las tarjetas Raspberry Pi (Raspberry-pi, 2016) por la valiosa cantidad de recursos para desarrollar diferentes soluciones tecnológicas, a través de un sistema con conexión a internet, proporcionado mediante la tecnología cloud computing, en donde son líderes empresas Amazon Web Services y Microsoft Azure. La figura 5 presenta la tendencia del mercado con relación al uso de tecnologías.



Figura 5. Cuadro mágico para servicios en la nube 2016

Fuente: Leong, Petri, Gill & Dorosh, 2016

Validación

Para verificar el adecuado funcionamiento del sistema IoT aplicado a la medición y seguimiento, se realizó un registro de datos de las variables de estudio y posteriormente se

analizaron estadísticamente los datos, para verificar la precisión del sistema IoT en comparación con otros dispositivos de medida patrón. La tabla 4 presenta los valores de las medidas realizadas con el sistema IoT desarrollado y otros dispositivos.

Tabla 4.

Registro de datos adquiridos con el sistema IoT y otros dispositivos

Frecuencia cardíaca (pm)				Saturación de oxígeno				Temperatura			
Sistema IoT		Agilent M3046A		Sistema IoT		Agilent M3046A		Sistema IoT		Agilent M3046A	
Voluntario 1	Voluntario 2	Voluntario 1	Voluntario 2	Voluntario 1	Voluntario 2	Voluntario 1	Voluntario 2	Voluntario 1	Voluntario 2	Voluntario 1	Voluntario 2
89	76	99	82	97	93	91	94	36.66	36.8	36.4	36.5
86	76	101	75	97	93	92	94	36.21	35.4	36.4	35.2
86	114	103	78	95	93	92	93	36.73	35.8	36.7	35.6
86	114	101	80	93	93	92	93	36.9	36.23	36.8	35.9
86	81	100	78	92	92	92	92	36.76	35.1	36.9	34.8
87	81	100	79	93	92	92	91	35.25	35.55	35.5	35.3
93	83	101	80	93	93	92	91	35.63	35.33	35.4	35.5
96	85	100	80	94	94	92	91	34.6	35.31	34.2	35.2
98	82	99	78	94	94	92	91	34.8	35.9	34.5	35.6
98	80	102	79	94	94	92	92	34.5	36.33	35.4	35.5
97	78	100	78	94	94	91	92	35.6	36.52	34.2	35.2
100	79	101	80	93	94	91	92	34.4	35.26	34.5	35.6
97	79	100	79	93	94	91	93	36.78	36.54	36.8	35.9
93	79	101	78	93	94	91	92	36.15	35.8	36.8	35.9
98	80	102	79	93	94	91	92	36.15	35.85	36.9	34.8

Fuente: elaboración propia. Programa MATLAB R2009b

Ahora se realiza el análisis estadístico: desviación estándar y el error porcentual. La tabla 5 presenta los valores de la desviación de la medida.

Tabla 5.

Análisis de datos adquiridos con el sistema IoT y otros dispositivos de referencia: valores porcentuales

Variable	Frecuencia cardíaca		Saturación de oxígeno		Temperatura	
Equipos referencia	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario
Agilent M3046A	96.27	98.97	99.66	99.32		
Begut MT 402					99.31	98.67
Sistema IoT	93.37	92.02	99.02	99.5	99.39	99.65

Fuente: elaboración propia. Programa MATLAB R2009b



La Tabla 6 presenta la estimación del intervalo de confianza en la medida de los equipos de referencia y del sistema IoT desarrollado.

Tabla 6.
Estimación de la confianza en la medida de los equipos y del sistema IoT

Variable	Frecuencia cardíaca		Saturación de oxígeno		Temperatura	
	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario
Intervalo para equipos referencia	99.27-96.36	98.97-92.02	99.66-99.02	99.50-99.32	99.39-99.31	99.67-99.50
Sistema IoT desarrollado	97.09	93.05	99.36	99.82	99.92	99.02

Fuente: elaboración propia. Programa MATLAB R2009b

Los intervalos de confianza en las medidas de los equipos tomados como referencia para las variables seleccionadas se analizan desde las desviaciones de las 15 repeticiones en mediciones realizadas a cada voluntario. El intervalo de confianza en la medida de los equipos tomados como referencia, permite asegurar que todas las medidas realizadas con el sistema IoT desarrollado permanecen en el intervalo de confianza de los equipos tomados como referencia.

Conclusiones

- Se ofrece una solución tecnológica para el seguimiento de pacientes diagnosticados con EPOC, que usa la tecnología IoT para la interconexión de los sensores, el almacenamiento de las mediciones en Cloud Computing y su visualización a través de un aplicativo móvil o acceso web.
- Al realizar un estudio de benchmarking para comprar el sistema IoT ofrecido con otras soluciones disponibles, logramos el objetivo de ser la solución de más bajo costo (al 50 % de la más económica) y así lograr reducir el costo de la atención médica domiciliaria y aumentando la accesibilidad de la información médica.
- Con base en el criterio intervalo de confianza, usado para comparar las medidas del nuevo sistema con el patrón, los resultados demuestran que el uso del internet de las cosas en aplicaciones de salud es útil y continua en desarrollo para nuevas aplicaciones.
- Una ventaja importante del sistema IoT presentado, es la gestión eficiente de un gran volumen de datos utilizando Cloud Computing y la próxima aplicación de técnicas de inteligencia artificial para caracterizar y crear estándares predictivos, que permitan al sistema reportar en tiempo real a los profesionales de la salud cambios inesperados en signos vitales o condiciones que puedan ubicar en riesgo la salud de los pacientes.

Esta investigación abre las puertas a nuevas soluciones para el monitoreo en atención domiciliaria; i) uso de otros sensores y otros tipos de mediciones; ii) seguimiento a otras patologías que atenten contra la salud pública de nuestra sociedad; iii) uso del protocolo de comunicación mqtt utilizado en el proceso de conexión al sistema IoT para la seguridad de la información; y iv) nuevas redes de comunicación entre los sensores y su interacción con el medio ambiente del paciente.

Reconocimientos

El desarrollo de este trabajo de investigación fue posible gracias al apoyo financiero proporcionado por la Universidad Militar Nueva Granada, mediante el proyecto de investigación PIC-ING-2236 "IoT aplicado en la Telemedicina" y el profesor doctor Arturo Rodríguez García de la USACH, en la validación del sistema IoT.

Referencias

- Agencia Informativa Conacyt. (2016). *Crean una cuna inteligente que genera vínculos con la madre*. Recuperado de <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/tic/2333-desarrollan-cuna-inteligente-que-recrea-vinculos-afectivos-madre-hijo>
- Benítez, C. (2014). *Enfermedades por calor e hidratación deportiva*. Recuperado de https://docs.wixstatic.com/ugd/90d83e_ca5fd3b59bed4ca0b2096351579b8c06.pdf
- Chapman, K., Mannino, D., Soriano, J., Vermeire, P., Buist, A., Thun, M., & Aldington, S. (2006). Epidemiology and costs of chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*, 27(1), 188-207.
- Consalud.es. (2016). *Un sensor 'todoterreno' puede mejorar la eficacia de los tratamientos contra el cáncer*. Recuperado de <http://consalud.es/tecnologia/un-sensor-todoterreno-puede-mejorar-la-eficacia-de-los-tratamientos-contra-el-cancer-25498>

- De Aldana, M., Plata, D., Matajira, J., y Niño, E. (2014). Las enfermedades crónicas no transmisibles y el uso de tecnologías de información y comunicación: revisión sistemática. *Revista Cuidarte*, 5(1), 661-669.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2010). *Investigación de causas de las enfermedades no transmisibles*. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/defunciones/causa_defuncion/causas_defuncion_2010.xls
- E-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi. (2016). Biometric / Medical Applications. Recuperado de: <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>
- Hunkeler, U., Truong, H., & Stanford-Clark, A. (2008). *MQTT-SA publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks*. Communication systems software and middleware and workshops, pp. 791-798. IEEE.
- Intel® Galileo Board. (2016). *Discontinued Maker & Innovator Products*. Retrieved from <https://software.intel.com/en-us/iot/hardware/galileo>
- Lee, B., & Ouyang, J. (2014). Intelligent Healthcare Service by using Collaborations between IoT Personal Health Devices. *Blood pressure*, (10), 11.
- Leong, L., Petri, G., Gill, B., & Dorosh, M. (2016). *Magic Quadrant for Cloud Infrastructure as a Service, Worldwide*. Retrieved from <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2G2O5FC&ct=150519>
- Ley 1419. (13 de diciembre de 2010). *Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de la Telesalud en Colombia*. Diario Oficial n.º 47.922. Recuperado de <https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/Leyes/L1419010.pdf>
- López-Herranz, G. P. (2003). Oximetría de pulso: a la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación. *Revista Médica del Hospital General de México*, 66(3), 160-169.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2016). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PENT/Paginas/Enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica.aspx>
- Miravittles, M., Calle, M., & Soler-Cataluna J. (2012). Clinical phenotypes of COPD: Identification, definition and implications for guidelines. *Arch Bronconeumol*, 48(3), 86-98.
- Organización Mundial de la Salud – OMS. (2012). *Estrategia para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles*. recuperado de http://apps.who.int/gb/archive/pdf_files/WHA53/sa14.pdf
- Organización Mundial de la Salud – OMS. (2015a). *¿Qué es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)?* Recuperado de <http://www.who.int/features/qa/48/es/>
- Organización Mundial de la Salud – OMS. (2015b). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs315/es/>
- Pauwels, R., Buist, A., Calverley, P., Jenkins, C., & Hurd, S. (2012). Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*.
- Ramírez, L., y Parra, D. (2013). SMCa: Sistema de Monitoreo Móvil Cardíaco. *Ciencia y Poder Aéreo*, 8(1), 91-96. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.10>
- Ramírez, L., Rodríguez, Y., y Cifuentes, Y. (2014). Prototipo de electrocardiógrafo bipolar para uso académico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 9(1), 115-123. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.140>





GAMMA SPECTROMETRIC INTERPRETATIONS IN DIFFERENT TYPES OF SOIL CONDITIONS – GEOPHYSICAL FLIGHT¹

INTERPRETACIONES ESPECTROMÉTRICAS GAMMA EN DIFERENTES TIPOS DE CONDICIONES DE SUELO – VUELO GEOFÍSICO²

INTERPRETAÇÕES ESPECTROMÉTRICAS GAMA EM DIFERENTES TIPOS DE CONDIÇÕES DO SOLO – VOO GEOFÍSICO³

Suze Nei Pereira Guimarães⁴, Erick de Barros Camara⁵, Igor Maurmann Guaragna⁶

Geophysical Innovations and Services Inc. Bogotá, Colombia

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 94-105

Recibido: 01/12/2017

Aprobado por evaluador: 31/01/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.588>



Para citar este artículo:

Guimarães, S. N. P., Camara, E.d. B., y Guaragna, I. M. (2018). Gamma Spectrometric Interpretations in Different Types of Soil Conditions – Geophysical Flight. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 94-105. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.588>

¹ *Research Article on Airborne Geophysics*

² *Artículo de investigación sobre Geofísica Aerotransportada*

³ *Artigo de Pesquisa de Geofísica Aerotransportada*

⁴ PhD in Geophysics of the National Observatory - ON / MCTI. Senior Geophysicist at Geophysical Innovations and Services Inc., Bogota, Colombia. ORCID ID. <https://orcid.org/0000-0002-0867-1058>. Email: sufisica@gmail.com

⁵ Specialist in Applied Geological Engineering in Mining of the Chamber of Mining of Peru - CAMIPER. Vice President of Geophysical Innovations and Services Inc., Ontario, Canada. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-9164-2655>

⁶ Geophysicist at Geophysical Innovations and Services Inc., Bogota, Colombia.

Abstract: This is a comparative study on the quality of the radiometric geophysical data acquired in wet and dry conditions on semi-flat terrain. In this work, we attempted to highlight soil moisture as one of the primary factors directly influencing the gamma acquisition statistics and the airborne acquisition conditions for each case. We also highlighted the conditions of topographic altimetry that directly affect the statistical results of gamma spectrometry. It was possible to verify the elevation levels in the concentration count of uranium emanating from radium, as suggested by Charbonneau & Darnley (1970) and Grasty (1997). The values found in humid environments show a 50% increase in uranium concentrations in the atmosphere and a 50% increase in concentrations calculated by the U/K ratio, which revealed by hydrothermal zones.

Keywords: Aerial Survey, Radiometric Data, Data Processing, Soils, Radon.

Resumen: El siguiente es un estudio comparativo en la calidad de la información geofísica radiométrica obtenida en condiciones húmedas y secas en terreno semiplano. En este trabajo se intentó resaltar la humedad del suelo como una de los factores primarios que influyen directamente las estadísticas de adquisición gamma y las condiciones de adquisición de vuelo para cada caso. También resaltamos las condiciones de altimetría topográfica que afectan directamente los resultados estadísticos de la espectrometría gamma. Fue posible verificar los niveles de elevación en el conteo de concentración de uranio que emanaba del radio, tal como lo sugieren Charbonneau y Darnley (1970) y Grasty (1997). Los valores encontrados en los ambientes húmedos muestran un incremento del 50 % en las concentraciones de uranio en la atmósfera y un incremento del 50 % en las concentraciones calculadas por la relación U/K, revelada por zonas hidrotérmicas.

Palabras clave: Estudio aéreo, datos radiométricos, procesamiento de datos, suelos, radón.

Resumo: O presente artigo é um estudo comparativo sobre a qualidade da informação geofísica radiométrica obtida em condições úmidas e secas em terrenos semi-planos. Neste trabalho, tentou-se destacar a umidade do solo como um dos fatores primários que influenciam diretamente as estatísticas de aquisição gama e as condições de aquisição de voo para cada caso. Destacamos também as condições de altimetria topográfica que afetam diretamente os resultados estatísticos da espectrometria gama. Foi possível verificar os níveis de elevação na contagem de concentração de urânio que emanava do rádio, como é sugerido por Charbonneau e Darnley (1970) e Grasty (1997). Os valores encontrados nos ambientes úmidos mostram um aumento do 50% nas concentrações de urânio na atmosfera e um aumento do 50% nas concentrações calculadas pela relação U/K, reveladas por zonas hidrotermais.

Palavras-chave: Estudo aéreo, dados radiométricos, processamento de dados, solos, radônio.

Introduction

The second half of the nineteenth century was of great importance for the study of the internal structure of atoms (Faure, 1997). Several scientists played a key role in the study of radioactivity, including Marie and Pierre Curie, Rutherford –who identified the three components of radiation, α , β and γ , as well as the proton in 1919–, Frederick Soddy –of radioactive decay–, Niels Bohr –who developed a model of the hydrogen atom–, among others.

The discovery of radioactivity was quickly followed by the study of techniques to measure this phenomenon. The first detectors were built at the beginning of the 20th century, and portable instruments were developed later. The sensitivity of the detectors increased considerably with the development of scintillometers.

Initially, the use of radioactivity in warfare greatly influenced such researchers, and a main focus was the exploration of uranium. In the 1960s and 1970s, researchers began to use radioactivity for mineral exploration and environmental monitoring.

Gamma rays (γ) are the most penetrating form of radiation from natural and human-made radioactive sources. Their range power can reach heights of up to 300 m (Ferreira, 1991). Gamma-ray spectrometry is a powerful tool for monitoring and evaluating radiation in the environment. The primary sources of gamma radiation are the natural decay of potassium (^{40}K), uranium (^{238}U) and thorium (^{232}Th), which are naturally present in most rocks (Cox, Bell, & Pankhurst, 1979); (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990); (Dickin, 1995); (Faure, 1997).

Both terrestrial and aerial gamma-ray measurements can cover vast areas of the Earth's surface, and many national and regional radiometric maps have been compiled and published. The total radiation count is obtained utilizing a spectrometer (0.41-2.81 MeV). Gamma radiation in soil is inversely proportional to the density of the surrounding soil. Therefore, radiometric measurements are essentially superficial and have an average penetration depth range of 30-40 cm (Minty, 1988). The main factors that influence gamma radiation measurements include:

- Soil coverage (only 2 cm of soil cover can reduce the radiation that penetrates the soil surface by 35%)
- Dense vegetation (the statistic of the previous example also applies to dense vegetation);
- Soil moisture (a 10% increase in soil moisture will decrease the measured flow rate by approximately the same amount);

- Variations in temperature and atmospheric pressure (both can lead to a change in air density up to 30%);
- Thermal inversion phenomena;
- Significant topographic variation;
- Directional effects;
- Flying height (10 m of air will affect the radiation measurement by approximately 7%);
- The spacing between acquisition lines and between measurement points.

There are two components of radon (^{222}Rn) in soils: an emanating fraction that approaches soil pores and a non-emanating fraction that is trapped in soil particles. The emanating portion usually composes between 20% and 40% (Markkanen & Arvela, 1992) of the total radon concentration. Figure 1 shows the concentration of the emanating fraction with depth in the soil under three different soil moisture conditions. The concentrations were normalized to 100 arbitrary concentration units.

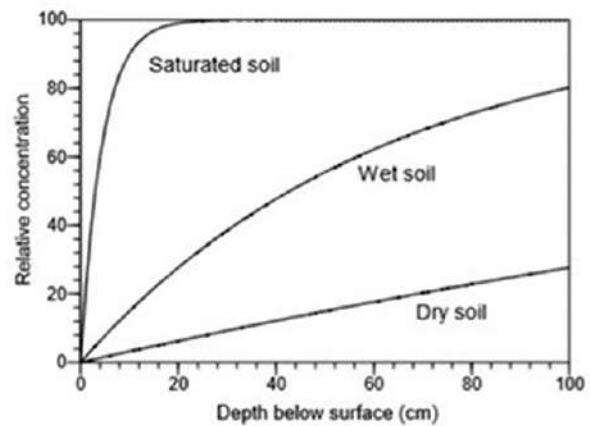


Figure 1. Effect of soil moisture on radon concentration with depth.
Source: Grasty, 1997.

Given the above trends, it is recommended that data be acquired approximately three hours after the precipitation of meteoric water so that unusual surface activity is diminished and does not directly affect the acquisition of data. However, each study region has its peculiarities, as it was previously found that there is a set of variables that affect data collection. This study investigates the effects of soil moisture, atmospheric humidity, and soil variations on specific aerially collected gamma spectrometric data.



Methodology

The concentration of free radon in the atmosphere is not homogeneous and may increase up to 50% in counts associated with uranium channels. To remove this effect, the downward/upward-looking configuration of radiometric detectors is used. The aircraft used in this study was equipped with a RSI-501 model air-spectrometer manufactured by Radiation Solution, Inc., as shown in Figure 2. Two data collection flights were carried out under different conditions (dry and rainy) in the same region. Both flights were made at the same speed, at the same height above the ground, with the same equipment aboard the aircraft and at the same approximate time of day.



Figure 2. Example of a Crystal Box installed in an aircraft.
Source: E. Camara, October 2016. Author's private collection

Geosoft's Oasis Montaj software was used to compile, edit and process the data acquired for the two samples. The data were then plotted and compared. After acquisition and visualization of the data, the ratios between the collected parameters were inferred, and the results were analyzed.

The study area is a north-south oriented profile that is 10 km long, located in the Colombian Andean region between the central and eastern mountain ranges in the

Department of Tolima, Ataco Municipality (Figure 3). Previous studies (Acosta, Caro, Fuquen, & Osorno, 2002; Gomez et al., 2015) show the geological heterogeneity of the region, which is composed of metamorphic, igneous, and sedimentary geological units of marine and continental origin, as well as Quaternary deposits with different degrees of consolidation and source, with ages between the Precambrian and the Holocene, and which make up the East Flank of the Central Mountain Range and the Upper Valley of the Magdalena. In a highlight of the study area, we have the Batholith de Ibaguè (Nelson – 1957, 1962), which is an intrusive body of north-south orientation, and trespasses the Neises and Amphibolites of Tierradentro –the unit informally referred to as the Cretaceous Sediments without differentiating. The Honda Group covers it discordantly and is in contact with failed formations Gualanday Inferior, Gualanday Medio and Gualanday Superior (Nuñez, 1996).

In the tectonic framework, it is affected by north-south-oriented geological structures of a regional nature, among which the Saldaña, Atá, Monte Loro, Bobón, Pole, Paipa and El Cauca faults stand out. In the municipality of Ataco two geological structures stand out, the Synclinal of Ataco and Copilicua, the first a structure of high extension and regional importance, which comes from the municipalities of Chaparral and Ortega.

The study profile encompasses the Saldaña River region, which has an essential role in the system of mass transport and or drainage. The relief is Mountainous fluvial-erosional (IGAC, 1988; Villota, 1991).

In this region, the soil is predominantly classified as Cambisol type (Fischer, Nachtergaele, Prieler, van Velthuisen, Verelst, & Wiberg, 2008) (Figure 4). The composition of this kind of soil is generally medium-grained, is derived from a wide range of rocks, and is mainly found in alluvial, colluvial and wind deposits.

In the physiographic analysis of the municipality of Ataco allowed to define four climatic zones: Warm semi-arid, Warm semi-humid, Temperate semi-arid, Temperate semi-humid and semi-humid cold (Villota, 1991).

Because the climate generally is a temperate climate, this soil is rich in nutrients and is conducive to agriculture. Regarding the primary natural radionuclides that are present in this soil, the distribution of potassium shows significant spatial variability, uranium concentrations are very low, and thorium has a homogeneous distribution throughout the study area (Chesworth, 2008).

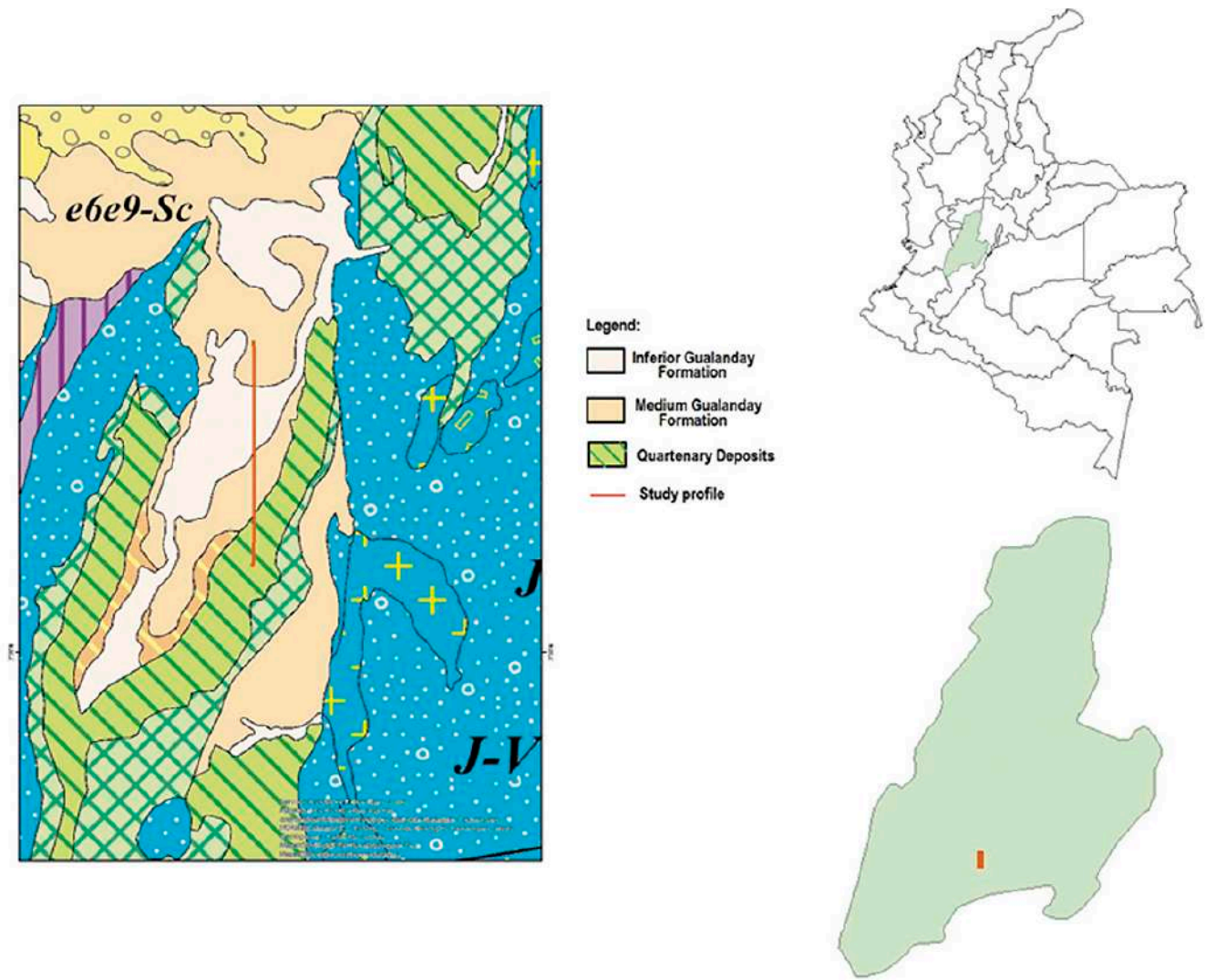


Figure 3. Geological map of the study region.
 Source: Gomez et al., 2015; Google maps, August 2017.

The location and altimetric profile of the acquisition line (Figure 5) show that the region consists of a sedimentary transport zone (river) and a small city (Ataco), as well as a high topographic area along the northern part of the profile. This area was chosen precisely to observe how gamma spectrometric measurements vary in high-humidity and dry conditions.

The acquisition of aerogeophysical data presented technical difficulties due to significant topographic/altimetric variation in the study area (Figure 5). In such an environment, it is difficult to maintain the quality of the required acquisition parameters. The pilot should always

be aware of the variations in the airplane axes (X, Y, and Z), aircraft speed (<280 km/h), lateral deviations from the set course and altimetric section compared to the stipulated drape (for altimetric flight and acquisition quality, approximately 100 meters from the height of the terrain) to ensure that there is no loss in resolution of the data acquired.

In addition, according to IDEAM (Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies of Colombia), average yearly rainfall in the study region reaches 1700 mm, with humidity between 65% and 83% and a high index of severe weather, which results in few opportunities for research flights.

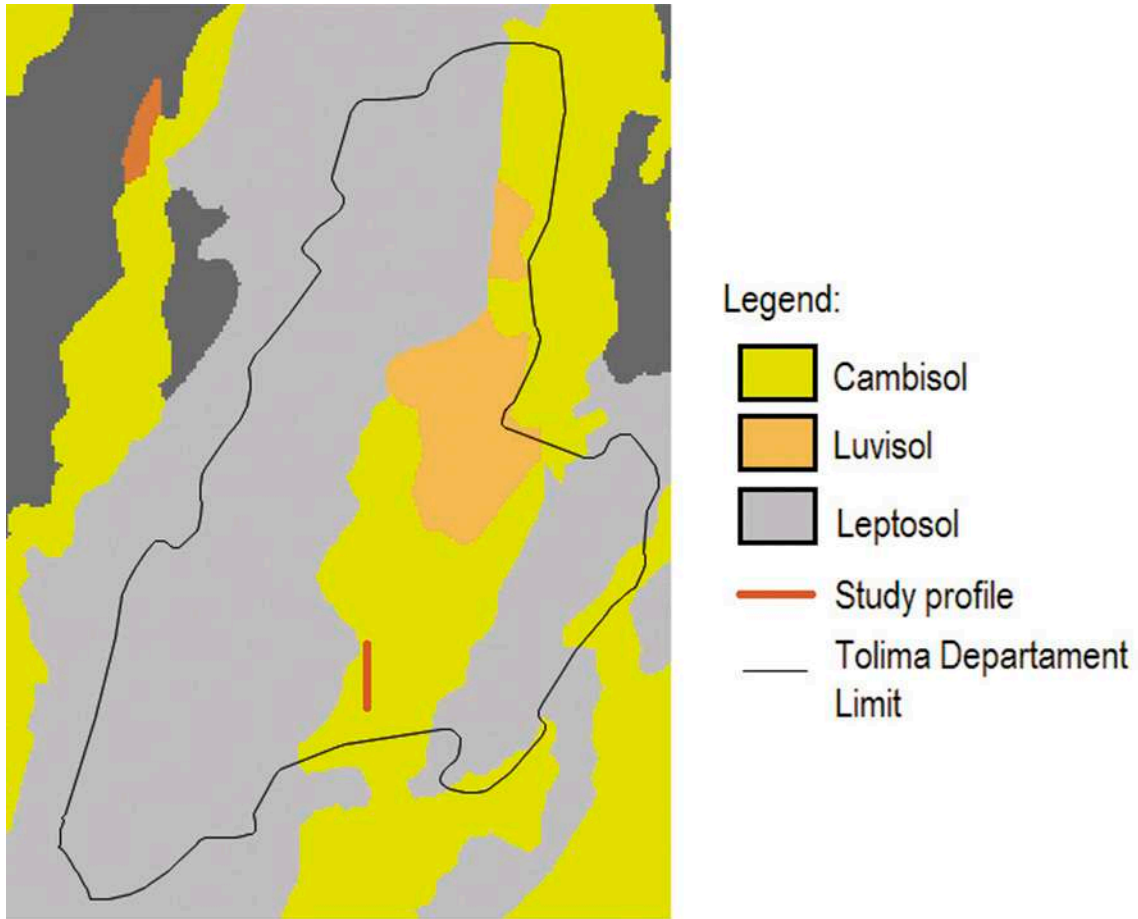


Figure 4. Soil map of the study region.
 Source: Fischer et al. 2008.



Figure 5. Elevation profile of the study area.
 Source: Google Earth, August 2017.

Results and discussion

The two terrain conditions (wet and dry) showed variable results, especially regarding the degree of uncertainty, which was much higher for wet soil conditions (Figures 6 and 7). The distribution of the counts for the dry soil was smoother, showing a tendency for movement of the sources for the lower elevation part of the study site (the river) due to trends in local weathering, which is shown more clearly in the mea-

surements of K and Th. In the profile of the counts in the wet soil, similar movement is not clear and the distribution of the measures is much more variable. In the Uranium Up profile that is related to the measurements of radon from the atmosphere, the values are widely attenuated in moist soil. The graph in Figure 8 displays the measured values for the two situations.

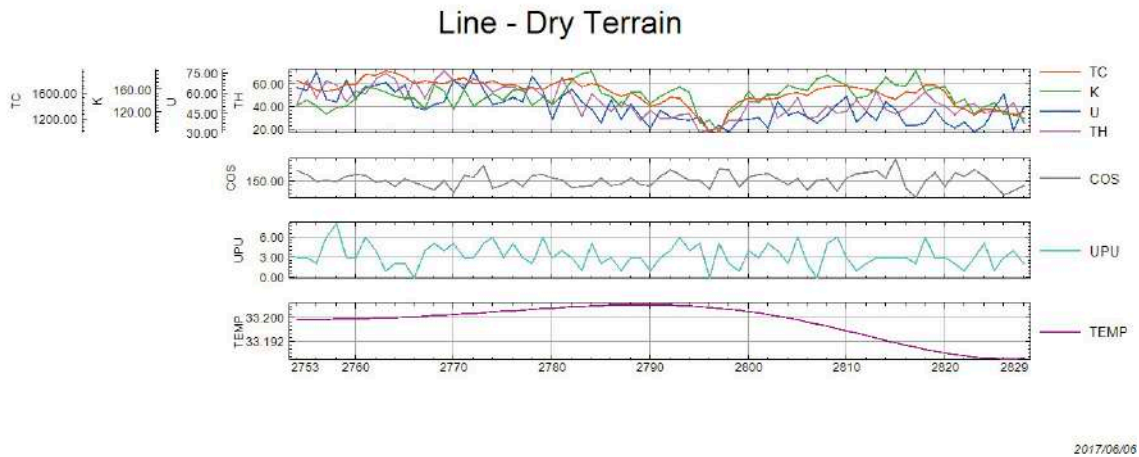


Figure 6. Distribution of the main radioelements (U, Th, K), total count, cosmic radiation, uranium coming from the atmosphere (radon) and temperature acquired along the study profile on a sunny day with dry soil. (Outcome of the study). Source: Authors. Elaborated from the results obtained.

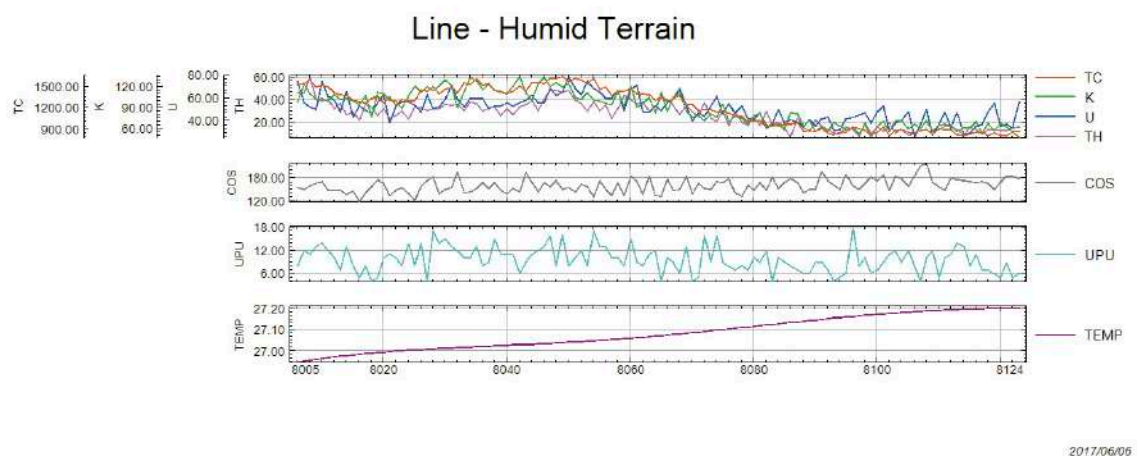


Figure 7. Distribution of the main radioelements (U, Th, K), total count, cosmic radiation, uranium coming from the atmosphere (radon) and temperature acquired along the study profile on a cloudy day with moist soil. (Outcome of the study). Source: Authors. Elaborated from the results obtained.

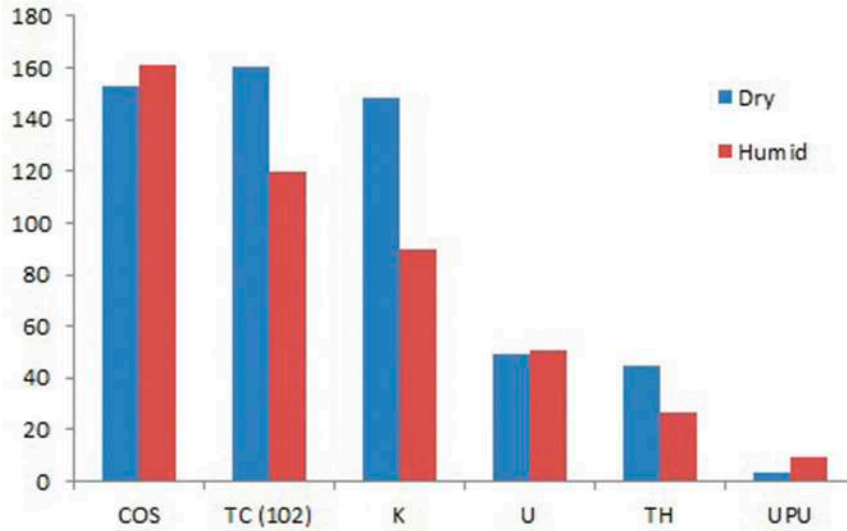


Figure 8. Comparative graph between the measurements of the main radioelements (U, Th, K), total count, cosmic radiation and uranium coming from the atmosphere (radon) for the two soil conditions (dry and humid). (Outcome of the study).

Source: Authors. Elaborated from the results obtained.

From the individual counts of the radioelements, it is possible to calculate the ratios between them. The ratios are used to highlight the differences observed between the concentrations of the radioactive elements for different geological phenomena, such as the presence of granite bodies

in the region or strong hydrothermal alteration of potassic minerals and/or silica type, which are results of the local geology, enrichment processes and degree of weathering. In studying the effects of moisture on the measurements, we observe only intermediate variations in the results.

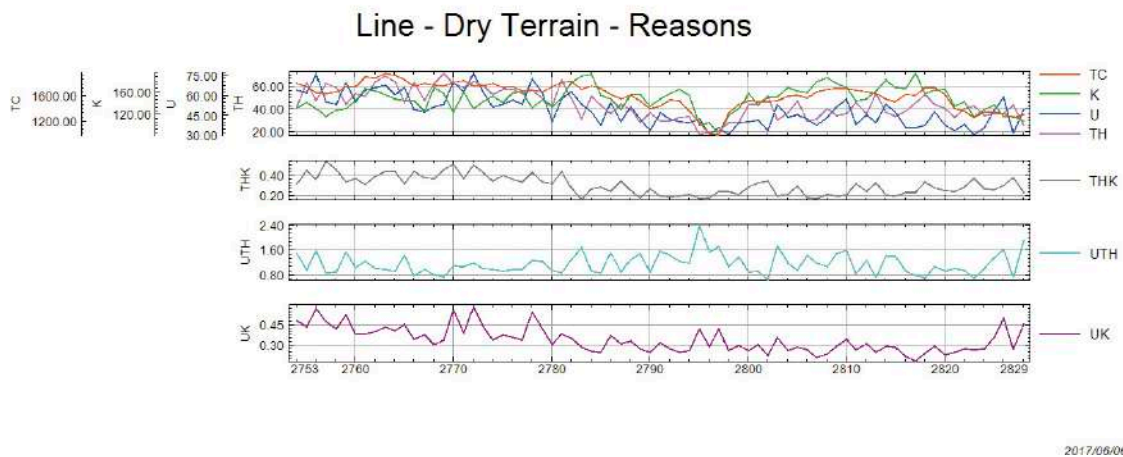


Figure 9. Distribution of the main radioelements (U, Th, K) along the study profile and the calculated ratios (Th/K, U/Th and U/K) for dry soil conditions. (Study result).

Source: Authors. Elaborated from the results obtained.

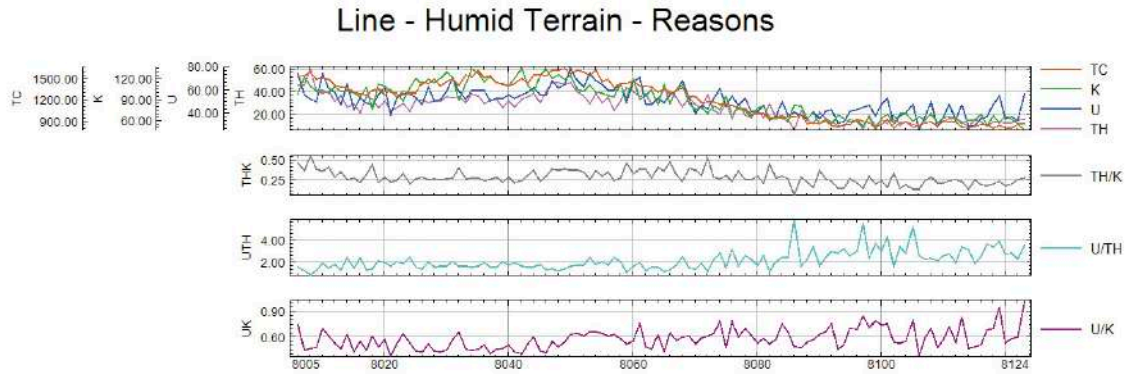


Figure 10. Distribution of the main radioelements (U, Th, K) along the study profile and the calculated ratios (Th/K, U/Th and U/K) for dry soil conditions. (Study result).

Fuente: Authors. Elaborated from the results obtained.

Figures 9 and 10 show that all ratios calculated for wet soil measurements are higher than those for dry soils. In particular, the ratio of uranium to potassium (U/K) increases its value by 50%.

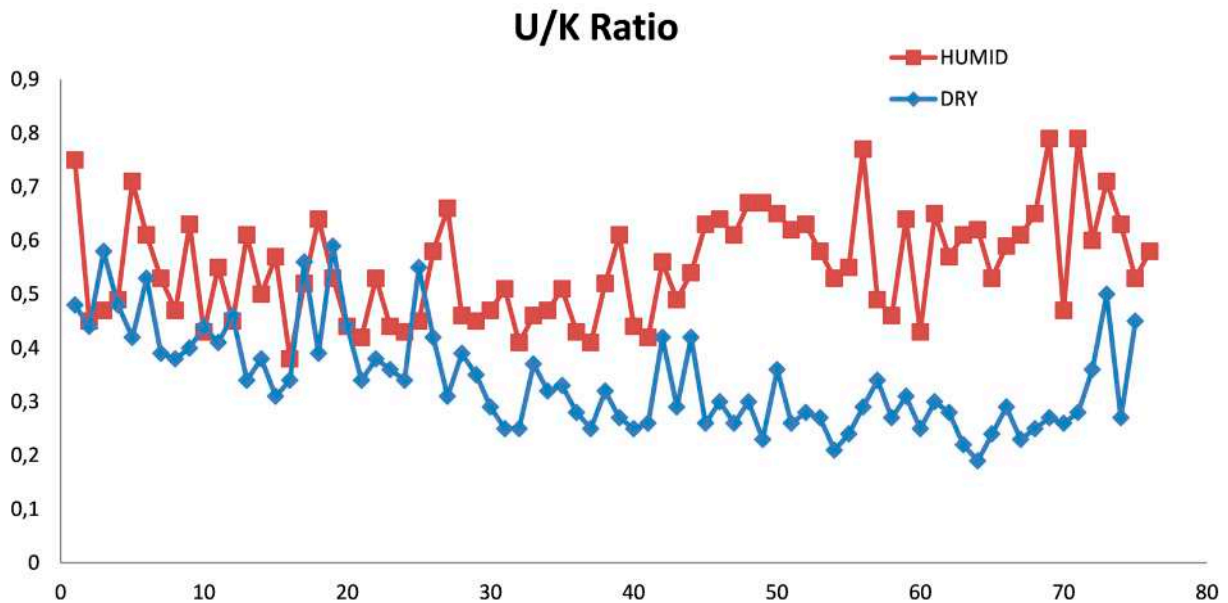


Figure 11. Comparative graph of the distribution of the uranium-potassium ratio (U/K) acquired for both dry and wet soil conditions. (Study result).

Fuente: Authors. Elaborated from the results obtained.



Note that the difference in the uranium-potassium ratio (U/K; Figure 11) also reveals the incoherence associated with the altimetric trend along the study profile. Figures 12 and 13 show the altimetric values for the abovementioned profile.

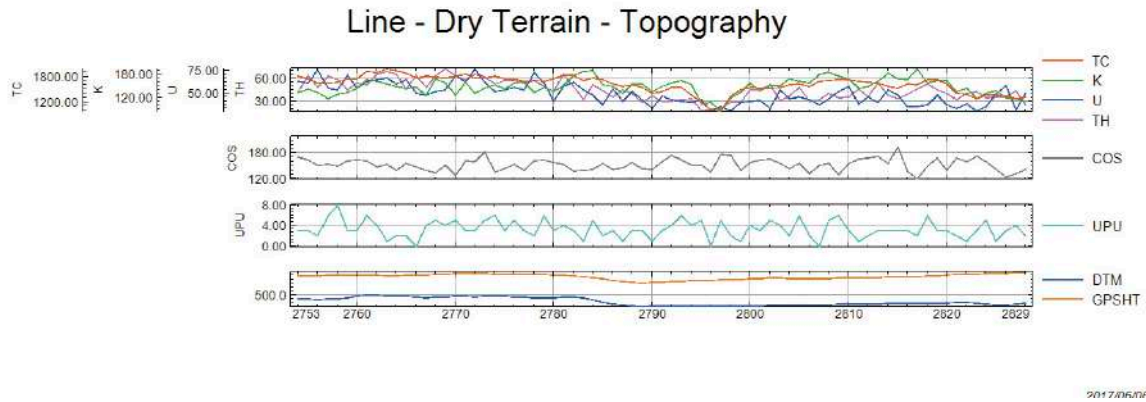


Figure 12. Distribution of the main radioelements (U, Th, K), cosmic radiation, uranium coming from the atmosphere (radon) and topography along the study profile for dry soil conditions. (Outcome of the study).

Source: Authors. Elaborated from the results obtained.

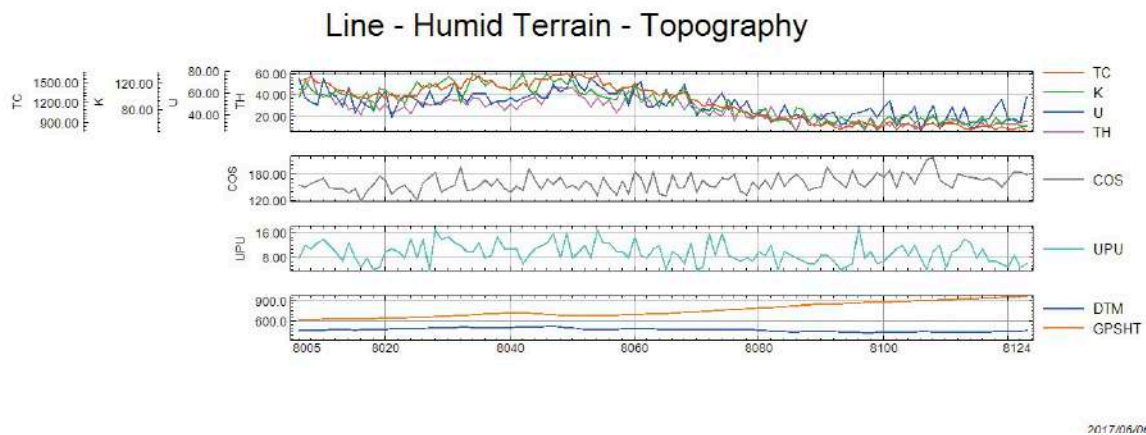


Figure 13. Distribution of the main radioelements (U, Th, K), cosmic radiation, uranium coming from the atmosphere (radon) and topography along the study profile for moist soil conditions (Outcome of the study).

Source: Authors. Elaborated from the results obtained.

Variations in radon from the atmosphere are also revealed in the crystal measurements that were acquired with the instrument set up in the up position. In this configuration, we measured the so-called "UP Uranium" concentration.

Figure 14 is a comparison of these measurements for the two cases. As already mentioned, the results revealed a 50% increase in the measurements that directly affect the count of the uranium that emanates from the rocks of the studied surface.

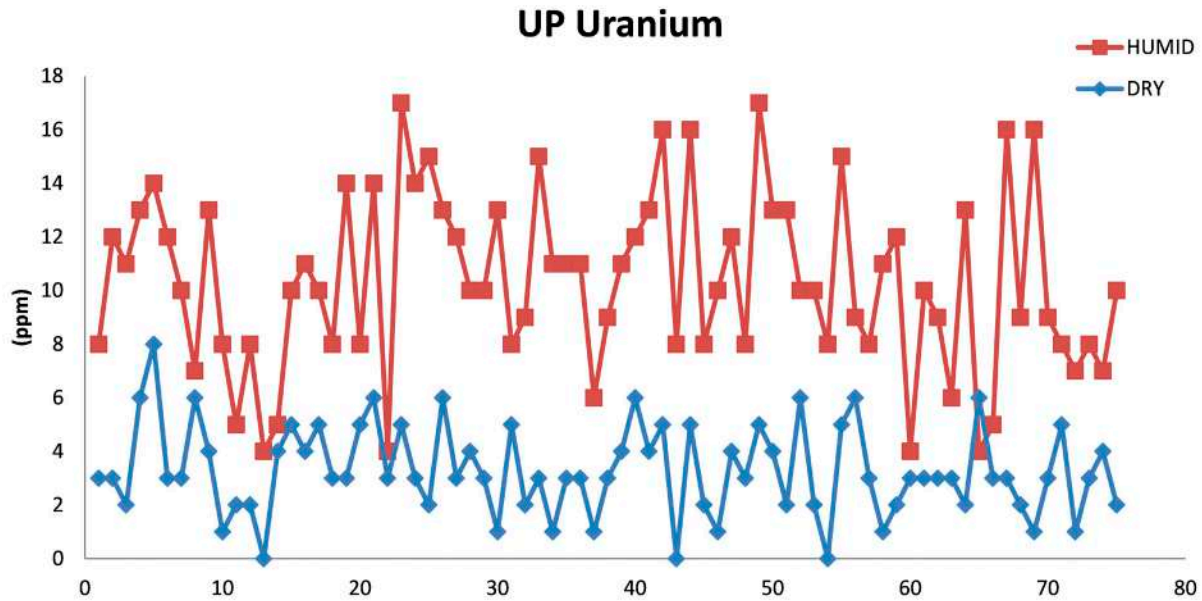


Figure 14. Comparative graph of the uranium distribution coming from the atmosphere (radon) measured with the crystal configured in the up position for dry and humid soil conditions. (Outcome of the study).

Source: Authors. Elaborated from the results obtained.

Final considerations

Radiometric measurements acquired via gamma-spectrometric aerial surveys have already been widely disseminated in the literature (Hood & Ward, 1969; Coyle, Dumont, Keating, Kiss & Miles, 2014; Camara & Guimarães, 2016) for use in mineral prospecting, environmental monitoring and geological mapping. However, the controls used in the acquisition of such data can directly influence the results, interpretations, and statistics, which means that the data must be carefully adjusted during data processing to ensure total reliability.

In this work, it was demonstrated that soil moisture directly influences the gamma-spectrometric measurements, drastically altering the interpretation of soil weathering. In this case, the information gathered from the lower part of the study profile (occupied by a river) with moist soil did not follow this trend.

The ratio of uranium to potassium (U/K), which reveals hydrothermal zones, was affected by soil moisture, causing uncertainty in the comparison of locations with ups and downs.

The concentration of radon from the atmosphere increased by 50%, demonstrating that uranium measurements were directly affected by soil moisture content.

Finally, the observations that have been made by several authors regarding the non-efficacy of aerial radiometric measurements in moist soil are validated, and it is recommended that researchers wait 3-4 hours following a precipitation event for anomalous surface activity to disintegrate in order to not affect gamma-spectrometric measurements.

However, some important variables must also be considered. The soil type is one of the primary variables, in addition to the geological setting of the study area. In regional aero-surveying, it is not possible to control rainfall or residual soil moisture content. In these cases, the best methods are to cross-reference geological information and joint interpretations to correct the radiometric data.



Reference

- Acosta, J. G., Caro, P. E., Fuquen, J. A., & Osorno, J. F. (2002). *Geología de la plancha 303*. Bogota: Ingeominas.
- Camara, E. d., & Guimarães, S. N. (2016). Magnetic airborne survey – geophysical flight. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 5, 181–192.
- Charbonneau, B. W., & Darnley, A. G. (1970). A test strip for calibration of airborne gamma-ray spectrometers: in Report of Activities. *Geological Survey of Canada*, 70(1), 27-32.
- Chesworth, W. (2008). *Encyclopedia of Soil Science* (Vol. 1). Netherlands: Springer.
- Cox, K. G., Bell, J. D., & Pankhurst, R. J. (1979). *The interpretation of igneous rocks*. London: George Allen & Unwin.
- Coyle, M., Dumont, R., Keating, P., Kiss, F., & Miles, W. (2014). Geological Survey of Canada aeromagnetic surveys: design, quality assurance, and data dissemination. *Geological Survey of Canada, Open File 7660*. doi:10.4095/295088
- Dickin, A. D. (1995). *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Faure, G. (1997). *Principles and applications of geochemistry*. New York: Prentice Hall.
- Ferreira, F. J. (1991). *Aerogamaspectrometria E Aeromagnetometria De Um Trato Ocidental Do Pré-cambriano Paulista* (Tesis doctoral). Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências, Brasil.
- Fischer, G., Nachtergaele, F., Prieler, S., van Velthuisen, H. T., Verelst, L., & Wiberger, D. (2008). *Global Agro-ecological Zones. Assessment for Agriculture (GAEZ 2008)*. IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1988. *Suelos y bosques de Colombia*. Bogotá: IGAC.
- Gomez, J., Nivia, A., Montes, N. E., Almanza, M. F., Alcarcel, F. A., & Madrid, C. A. (2015). Notas explicativas: Mapa Geológico de Colombia. *Compilando la geología de Colombia: Una Visión a 2015*. 9-33.
- Grasty, R. L. (1997). Radon emanation and soil moisture effects on airborne gamma ray measurements. *Geophysics*, 62(5), 1379-1385.
- Hood, P., & Ward, S. H. (1969). Airborne Geophysical Methods. *Geological Survey of Canada*, 13, 1-112.
- Nelson, H.W. (1957). *Contribution to the geology of the Central and Western Cordilleras of Colombia in the sector between Ibagué and Cali*. Leidse Geology Mededelingen, Volumen 22: 1-75. Leiden.
- NELSON, H.W. (1962). *Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia, sección entre Ibagué-Armenia*. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, Volumen 10, N° 1-3: 161-202. Bogotá: SGN.
- Núñez, A. (1996). Mapa Geológico del Departamento del Tolima. Informe 2195. Ibagué: Ingeominas.
- Markkanen, M., & Arvela, H. (1992). Radon emanation from soils. *Radiation Protection Dosimetry*, 45 (1/4), 269-272.
- Minty, B. R. (1988). A review of airborne gamma-ray spectrometric data-processing techniques. *Canberra: Australian Gov. Publ. Service*, 48.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics* (Vol. 2nd). New York: Cambridge University.
- Villota, H. (1991). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Primera parte: Geomorfología de zonas montañosas, colinadas y onduladas*. Bogotá: IGAC.

Acknowledgments

The database discussed in the present paper was acquired during the Project Survey of Magnetometry and Gamma Spectrometry in Colombia - ANDES-C (2016) by SGC (Servicio Geológico Colombiano). We acknowledge the authorization of using this database. We also acknowledge all group of acquisition airborne (crew and technical operator) by clarifying specifications of control data.



IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DE FUERZAS AERODINÁMICAS EN UN TÚNEL DE VIENTO SUBSÓNICO¹

IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR MEASUREMENT OF AERODYNAMICS FORCES IN SUBSONIC WIND TUNNEL²

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA PARA A MEDIÇÃO DE FORÇAS AERODINÂMICAS EM UM TÚNEL DE VENTO SUBSÔNICO³

Edgar Leonardo Gómez⁴, Diego Armando Reyes Caballero⁵, Julio Enoc Parra Villamil⁶,
Johan Steven Galindo López⁷, Eliana Zuluaga⁸

Centro de Estudios Aeronáuticos – CEA / Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá, Colombia.

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 106-113

Recibido: 26/02/2018

Aprobado por evaluador: 08/04/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.590>



Para citar este artículo:

Gómez, E. L., Reyes Caballero, D. A., Parra Villamil, J. E., Galindo López, J. S. y Zuluaga, E. (2018). Implementación de sistema para la medición de fuerzas aerodinámicas en un túnel de viento subsónico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 106-113. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.590>

¹ Artículo original producto del proyecto de investigación denominado "Desarrollo e implementación de software para la medición de fuerzas aerodinámicas en un túnel del viento subsónico". Financiado y ejecutado por el Centro de Estudios Aeronáuticos, con apoyo de pasantes de la Universidad San Buenaventura.

² Original article derived from the research project named "Software development and implementation for the measurement of aerodynamic forces in a subsonic wind tunnel", funded and executed by Centro de Estudios Aeronáuticos, with the support of Universidad de San Buenaventura interns.

³ Artigo original produto do projeto de pesquisa denominado "Desenvolvimento e implementação de software para a medição de forças aerodinâmicas em um túnel do vento subsônico". Financiado e executado pelo Centro de Estudos Aeronáuticos, com o apoio de estagiários da Universidade de San Buenaventura.

⁴ Coordinación de Investigación, Centro de Estudios Aeronáuticos – CEA / Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: edgar.gomez@aerocivil.gov.co

⁵ Investigador G.I.N.A, Centro de Estudios Aeronáuticos – CEA / Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: diego.reyes@aerocivil.gov.co

⁶ Investigador G.I.N.A, Centro de Estudios Aeronáuticos – CEA / Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: julioe.parra@aerocivil.gov.co

⁷ Pasante, Centro de Estudios Aeronáuticos – CEA / Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: johan.galindo@aerocivil.gov.co

⁸ Pasante, Centro de Estudios Aeronáuticos – CEA / Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: eliana.zuluaga@aerocivil.gov.co

Resumen: El Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA) de la Aeronáutica Civil (UAEAC) ubicado en la ciudad de Bogotá, Colombia, cuenta con un túnel de viento subsónico denominado ELD 402B tipo Eiffel para el desarrollo de prácticas de aerodinámica. Esto le permite al Grupo de Investigación Aeronáutica (G.I.N.A) de la institución contar con una herramienta para realizar labores en investigación y docencia. Por lo cual se propone como objetivo desarrollar un sistema de adquisición de datos aerodinámicos y la interfaz del usuario del túnel de viento subsónico. Con el fin de ampliar las capacidades de este túnel de viento, se desarrolló e implementó un sistema que permite adquirir las señales de los sensores de la balanza aerodinámica, ubicados en la sección de pruebas del túnel de viento. La adquisición y procesamiento se realizó con la herramienta de software LabVIEW, con la cual se implementó una interfaz gráfica que permite visualizar las variables entregadas por los sensores, las fuerzas aerodinámicas principales en el perfil alar de prueba, coeficientes aerodinámicos y velocidad relativa del flujo de aire al momento del experimento. En este documento se presentan los resultados de las pruebas de funcionamiento y el proceso de diseño e implementación del sistema que permite hacer mediciones de las variables aerodinámicas, como son los coeficientes de sustentación y arrastre para el modelo que se encuentre en la sección de pruebas del túnel de viento en tiempo real.

Palabras clave: Túnel de viento, balanza aerodinámica, coeficientes de sustentación y arrastre, LabVIEW.

Abstract: The CEA (for Aeronautical Studies Center in Spanish) of the Colombian Civil Aviation Authority (Aerocivil) has a subsonic wind tunnel called ELD 402B Eiffel for the development of aerodynamic practices. This allows to the Aeronautical Research Group to have a tool to carry out research and teaching tasks. The goal of the project presented in this paper, was to develop an aerodynamic data acquisition system and the interfaces for the user. In order to improve the capabilities of this wind tunnel, it was developed and implemented a system that allows to acquire the voltage signals of the aerodynamic balance sensors, located in the test section. The acquisition and processing was carried out with the LabVIEW software tool, used to implement a graphic interface to visualize the variables delivered from the sensors. The variables tested with this tool are, lift and drag coefficients, aerodynamic forces and relative air speed in real time. This paper presents the results of the performance tests, the system design and the implementation process.

Keywords: Wind tunnel, aerodynamic balance, aerodynamic coefficients, LabVIEW.

Resumo: O Centro de Estudos de Aeronáutica (CEA) da Autoridade de Aviação Civil (UAEAC) localizado na cidade de Bogotá-Colômbia, tem um túnel de vento subsônico chamado ELD 402B tipo Eiffel para o desenvolvimento de práticas de aerodinâmica. Isso lhe permite ao Grupo de Investigação Aeronáutica (G.I.N.A) da instituição ter uma ferramenta para fazer o trabalho de pesquisa e ensino. Por isso, propõe-se como objetivo desenvolver um sistema de aquisição de dados aerodinâmicos e a interface do usuário do túnel de vento subsônico. A fim de expandir as capacidades deste túnel de vento foi desenvolvido e implementado um sistema que permite adquirir os sinais dos sensores da balança aerodinâmica, localizado na seção de teste do túnel de vento. A aquisição e processamento foi realizada utilizando a ferramenta de software LabVIEW, com o qual implementou-se uma interface gráfica que permite visualizar as variáveis entregues pelos sensores, as forças aerodinâmicas principais no aerofólio de prova, coeficientes aerodinâmicos e velocidade relativa de fluxo de ar no momento do experimento. Neste documento são apresentados os resultados dos testes de desempenho e o processo de design e implementação do sistema que permite fazer medições das variáveis aerodinâmicas, como são os coeficientes de sustentação e arrasto para o modelo que se encontra na seção de provas do túnel de vento em tempo real.

Palavras-chave: DPOC, Internet das Coisas, monitoramento, telemedicina.

Introducción

El Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA) de la Aeronáutica Civil de Colombia, desarrolla procesos académicos enfocados a estudiantes, docentes, investigadores y personal administrativo; capacita integralmente al personal del sector aeronáutico con el propósito de garantizar la seguridad aérea, el crecimiento de Colombia en términos de investigación, seguridad operacional, fortalecimiento administrativo y el transporte aéreo (Aerocivil, 2016). Consciente de esta política, la UAEAC creó un área de investigación encargada de desarrollar procesos investigativos que generen conocimientos en las áreas propias de la aeronáutica, además de ofrecer soluciones a la industria nacional implementando nuevas tecnologías que permitan el crecimiento del sector aeronáutico.

El túnel de viento es una de las herramientas más utilizadas para estudiar los principios físicos y los conceptos fundamentales de la aerodinámica. La aeronáutica civil cuenta con esta herramienta desde la década de los 90, con el pasar de los años el túnel de viento perdió la capacidad de monitorear las fuerzas aerodinámicas en su sección de prueba. Es por esto que se generó la necesidad de desarrollar un proyecto de investigación que busca mantener en funcionamiento y continua actualización el túnel de viento, ELD 402B tipo Eiffel, con el cual cuenta el CEA.

El objetivo de este proyecto de investigación es el desarrollo de un sistema de adquisición de datos aerodinámicos, como también una interfaz para que los usuarios del túnel de viento obtengan los coeficientes aerodinámicos, valores de fuerza y velocidad del aire en tiempo real. Para el desarrollo de este objetivo se determinan las variables aerodinámicas a trabajar en la sección de pruebas de túnel de viento, posteriormente se desarrolla e implementa el hardware y software de adquisición de datos, y finalmente se desarrolla la interfaz de usuario que permite tener acceso de forma visual a las fuerzas aerodinámicas, los coeficientes aerodinámicos y la velocidad relativa del aire.

Estudios aerodinámicos

Dentro de los estudios que se desarrollan en el sector aeronáutico, uno de los más representativos es el relacionado con la aerodinámica. Este estudio se aborda generalmente de forma teórica y experimental (Amaya y Betancourt, 2016).

El estudio teórico de la aerodinámica para un perfil alar se caracteriza por determinar matemáticamente las variables físicas obteniendo los coeficientes aerodinámicos. El análisis de los coeficientes aerodinámicos de sustentación y arrastre, sobre un perfil alar, se puede determinar a partir de método CFD (*Computational Fluid Dynamics* por sus siglas en inglés). Este método permite obtener los

coeficientes con la ayuda de las herramientas computacionales y su gran poder de procesamiento matemático (Potts y Masters, 2015).

Dentro del campo experimental se cuenta con herramientas como el túnel de viento, en donde se determinan los valores de coeficientes aerodinámicos.

En el túnel de viento se realizan múltiples estudios de caso y tipos de análisis, como el comportamiento de las distribuciones de presiones sobre cuerpos fuselados, determinando el comportamiento de un perfil alar frente al ángulo de ataque (Meseguer Ruíz, Alonso, Sanz-Andrés, y Pérez-Grande, 2008), entre muchos otros. Los coeficientes aerodinámicos se determinan por varios métodos, sin embargo, el más utilizado y el más recomendado, por su precisión y funcionalidad, es el método en un túnel de viento por medio de una balanza aerodinámica.

Metodología

Teniendo como fin el desarrollo de un sistema de adquisición de datos aerodinámicos e interfaz del usuario del túnel de viento subsónicos, se implementa un esquema de desarrollo en tres momentos: en el primer momento se definen las variables aerodinámicas a evaluar, una vez se conoce el comportamiento de los perfiles de velocidad, de forma experimental se decide implementar el sensor de transformación diferencial de variación lineal (LVDT), el cual captará los resultantes de la fuerzas aerodinámicas, como son sustentación y arrastre, parametrizando los valores en la sección de prueba del caso de estudio, una vez contrastadas las variables de velocidad y parametrizado el sensor, este se calibra para describir las ecuaciones del modelo matemático, típico al interior de un túnel de viento subsónico; este modelo se implementó en pruebas de flujo y reacción por fuerzas. En el segundo momento se implementa el hardware de adquisición de datos para el túnel de viento subsónico, en conexión con un ordenador. En el tercer momento se desarrolla la interfaz de usuario a través de un software compatible con el ordenador, tipo LabVIEW, que permita al investigador y al usuario, tener acceso a los resultados de fuerzas aerodinámicas y coeficientes correspondientes para el monitoreo de las diferentes pruebas a realizar en el túnel. Obteniendo como resultado el comportamiento de los coeficientes de sustentación y arrastre en la interfaz de usuario.

Túnel de viento

El caso de estudio presentado en este artículo es el túnel de viento ELD 402B tipo Eiffel del CEA (figura 1). Cuenta con una sección de pruebas de dimensiones: ancho 30.5 cm, largo 53 cm y alto 30 cm, permitiendo el montaje y pruebas de diversos perfiles aerodinámicos y modelos.



Figura 1. Sección de prueba del túnel de viento
Fuente: elaboración propia

El análisis de fuerzas aerodinámicas permite obtener resultados como los coeficientes de sustentación c_l (*Lift*) y coeficiente de arrastre c_d (*Drag*) para un perfil alar o modelo en la sección de pruebas del túnel de viento.

El estudio aerodinámico en túneles de viento depende de varios factores, como la clasificación de flujo compresible e incompresible que generalmente es determinado por un parámetro llamado número *Mach*, que relaciona la velocidad del cuerpo con respecto a la velocidad de sonido local (Koreanschi et al. 2017). Este parámetro en túneles de viento, debe determinarse de manera adecuada, ya que la variación de velocidad es un parámetro sensible al momento de determinar las fuerzas aerodinámicas.

La variación de otros parámetros como ángulo de ataque, número de Reynolds, determinan las gráficas de los coeficientes de sustentación. Los coeficientes aerodinámicos dependen directamente de la fuerza generada por los modelos, la cual es directamente proporcional a la densidad del aire circundante. Por ley de gases ideales, la densidad de un fluido puede ser descrita de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad (1)$$

En donde P y T son la presión y temperatura del fluido respectivamente, y R equivale a la constante de gases ideales con un valor de 278 kJ/kg K .

Es necesario determinar cada una de estas variables al momento de la prueba, con el fin de dar precisión a los coeficientes aerodinámicos obtenidos.

Estos coeficientes determinan el desempeño de un perfil alar con respecto a variables mencionadas (Anderson, 2001) de despeje de coeficiente de sustentación en la ecuación (2) y coeficiente de arrastre en la ecuación (3). Como se puede interpretar en las siguientes expresiones:

$$c_l = \frac{L}{1/2 \rho v^2 c} \quad (2)$$

$$c_d = \frac{D}{1/2 \rho v^2 c} \quad (3)$$

Donde ρ es el valor de la densidad del fluido al momento de la prueba, v es la velocidad de flujo del aire y c es la cuerda del perfil alar o longitud del modelo. Como se denota en la ecuación (2), los coeficientes son proporcionales directamente a la fuerza, de ahí que es necesario en el laboratorio medir la velocidad, conocer la densidad y principalmente lograr detectar la fuerza vertical y horizontal experimentada por el cuerpo.

El túnel de viento, caso de estudio, permite el montaje y pruebas de diversos perfiles aerodinámicos y modelos, sin embargo, previo al presente trabajo, dicho túnel de viento no contaba con una herramienta que permitiera visualizar los parámetros de fuerza obtenidos en las pruebas. Por lo cual, se desarrolló un sistema de adquisición de datos que permite capturar y representar gráficamente las fuerzas de aerodinámicas generadas en un cuerpo.

Para adquirir los datos y representarlos gráficamente se realiza una programación en el entorno LabVIEW, con un diseño de diagrama de bloques con el fin de transformar las señales de voltaje de los sensores, que perciben la fuerza de sustentación y arrastre en datos gráficos visibles en la interfaz para el usuario.

Balanza aerodinámica

La balanza es un dispositivo experimental que permite realizar adquisición de datos de fuerzas aerodinámicas que desarrolla un perfil alar durante la prueba (Bahamón, 2014). La balanza, del caso de estudio, cuenta con dos dinamómetros los cuales registran los valores de fuerza aerodinámica. Los dinamómetros deben ser caracterizados bajo una evaluación que permita identificar las señales de salida correspondientes a valores de entrada, obteniendo el comportamiento de las fuerzas.

El dinamómetro es un dispositivo compuesto por dos mecanismos, ubicados en la zona externa de la sección de pruebas para medir las fuerzas de sustentación y arrastre.

El dispositivo utiliza dos pares de vigas en voladizo, restringidas y separadas por un bloque para cada eje (figura 2). Las fuerzas generadas por el cuerpo en prueba se transmiten al soporte a través de un puntal rígido. Como resultado de la desviación de la viga, la cual es detectada por un LVDT (transformador diferencial de variación lineal), las vigas se desplazan con respecto a la perilla de desviación y el núcleo interno se fija al bloque de la base.

Las señales de voltaje de salida del LVDT son moduladas y amplificadas por los circuitos de acondicionamiento de señal. Los voltajes de corriente directa DC resultantes representan la dirección y magnitud de las fuerzas aplicadas y pueden ser calibrados para lectura de salida en las unidades de cualquier sistema de medidas, es decir; libras de fuerza, Newton, etc.

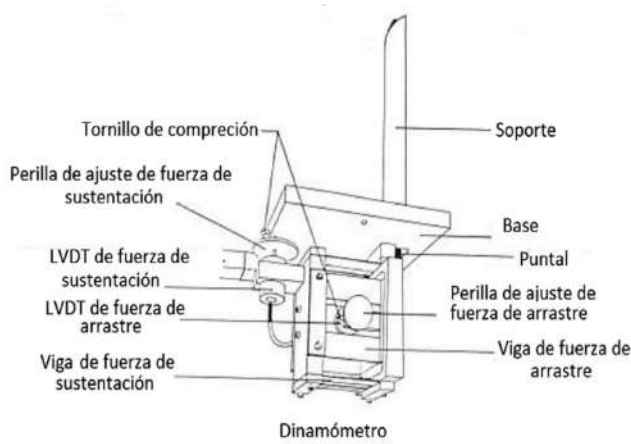


Figura 2. Ensamble dinámometro
Fuente: manual de operación túnel de viento ELD 402B. Instruction Manual Wing Tunnel Instrumentation System. Engineering Laboratory Desing, Inc. (1990)

Medición experimental

Se realiza una revisión del estado del arte de los proyectos anteriormente realizados en el caso de estudio, estableciendo un punto de partida para identificar las variables, así como los problemas técnicos del túnel de viento y utilizar las conclusiones de cada una de esas investigaciones para dar una alternativa de solución para la medición de las fuerzas aerodinámicas y velocidad relativa del aire.

El enfoque metodológico se basa en un modelo de adquisición de datos y transducción de las fuerzas aerodinámicas. Las señales son obtenidas a través de los dinámómetros. Se analizan los resultados para diferentes velocidades. El análisis teórico y el desarrollo de la interfaz de usuario dan acceso a las variables de velocidad relativa de viento, fuerza de sustentación y fuerza de arrastre del modelo de prueba.

Resultados

1. Caracterización de sensores

Se caracterizan los dinámómetros implementados con el fin de encontrar un punto óptimo de funcionamiento, adquiriendo una respuesta eficiente de los sensores. La correcta caracterización se basa en el ensamble de dinámómetros encargados de medir la fuerza en la zona de pruebas, funcionando con un rango de frecuencia de entrada de 400 Hz a 5000 Hz y un voltaje de entrada de 4 voltios (Vp).

Para determinar valores fiables en las fuerzas aerodinámicas, se evalúa la velocidad de flujo del túnel de viento por medio de un anemómetro; los resultados obtenidos para los sensores de fuerzas y el comportamiento de la velocidad en la zona de pruebas se muestran a continuación (figura 3).

Las fuerzas aerodinámicas se miden en proporción al voltaje generado por los dinámómetros con respecto al desplazamiento de la viga, por efecto de las fuerzas aerodinámicas horizontales para *Drag* y verticales para *Lift* y se muestra en las figuras 4 y 5 respectivamente.

Para la medición de las fuerzas de sustentación y de arrastre, se sugiere valores de entrada a los sensores con una frecuencia de entrada de 1000 Hz, ya que presenta un comportamiento lineal para el sensor de fuerza de arrastre y casi lineal para el sensor de fuerza de sustentación, así como poca variación en los resultados al momento de calibrar el sensor. Además, se aplica un voltaje de entrada aproximado a 1 Vp para su correcto funcionamiento.

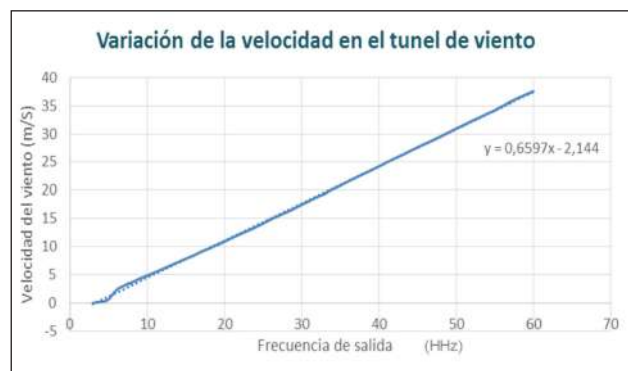


Figura 3. Comportamiento de la velocidad en la zona de pruebas
Fuente: elaboración propia



Figura 4. Comportamiento del sensor de fuerza de arrastre
Fuente: elaboración propia

2. Adquisición de datos

Para capturar las señales de los respectivos sensores se usa una tarjeta de adquisición de datos de *National Instruments* modelo PCI-6024E, la cual es instalada en la ranura PCMCIA del computador. Para la conexión con los sensores existen dos accesorios, el primero es una tarjeta modelo CB-68-LP con pines de conexión de entradas y salidas según la configuración correspondiente; el segundo es un cable de conexión entre la tarjeta de adquisición de datos y la tarjeta de conexiones modelo R6868.

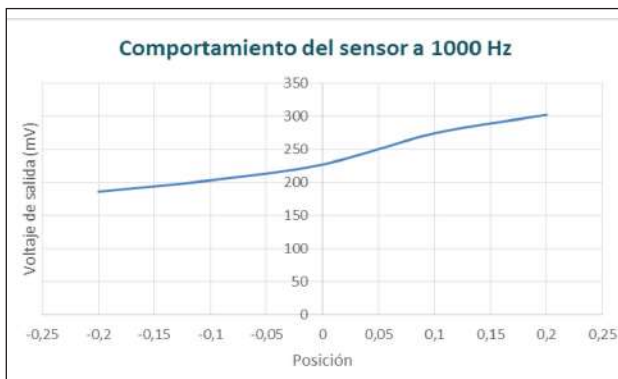


Figura 5. Comportamiento del sensor de fuerza de sustentación
Fuente: elaboración propia

En la adquisición de los valores medidos de los componentes externos, el ordenador cuenta con un software llamado MAX (*Measurement and Automation Express*) que se encarga de realizar la instrumentación virtual, administra los dispositivos conectados al equipo y permite crear herramientas virtuales para la adquisición y despliegado de todas las señales.

Por otro lado, el NI-DAQ es el encargado de seleccionar el controlador adecuado para cada dispositivo conectado, como es el caso de la tarjeta PCI-6024E, que funciona con canales virtuales, estos son registros de tiempo real, a donde van a dar los valores obtenidos de una señal conectada a un canal físico específico.

3. Implementación de la interfaz gráfica

La interfaz gráfica desarrollada es un aplicativo que resume los valores de velocidad relativa equivalente en la sección de prueba, facilita la interpretación de las fuerzas aerodinámicas que desarrollan los modelos en prueba, como se aprecia en la figura 6.

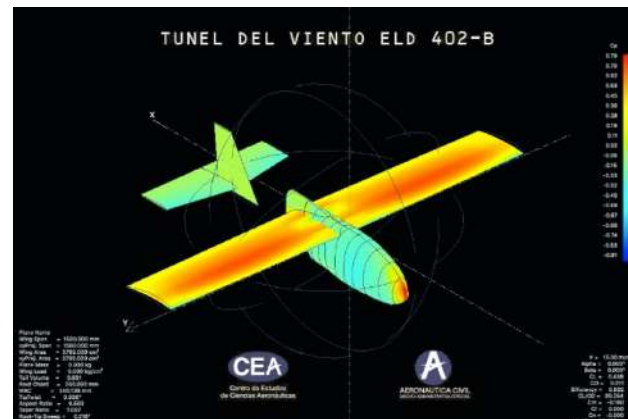


Figura 6. Pantalla principal software
Fuente: elaboración propia. XFLR5 v6.03 1/72 (2011)

Para la implementación del sistema de adquisición de datos, caso de estudio, se elabora un instrumento virtual a través de la herramienta LabVIEW, mediante un lenguaje de programación visual. Se crea una plataforma gráfica donde se visualizan las fuerzas de sustentación y arrastre, así mismo la velocidad del flujo del aire equivalente en la sección de pruebas.

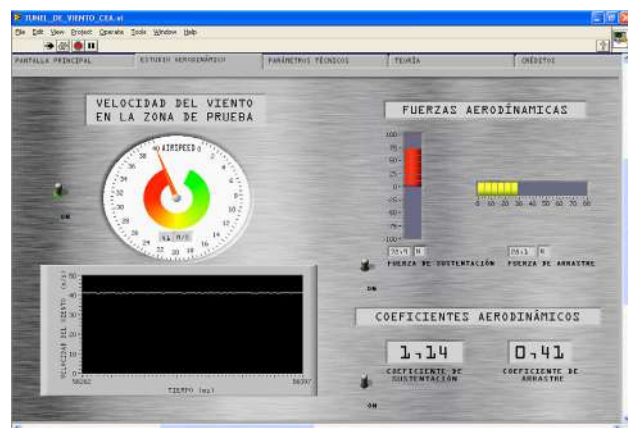


Figura 7. Interfaz en funcionamiento
Fuente: elaboración propia. Labview 8.4 (2011)

4. LabVIEW

LabVIEW es una herramienta enfocada en la instrumentación virtual y opera con un sistema de adquisición de datos DAQ (*Data Acquisition System*), mediante el uso de un ordenador suministrando los recursos necesarios para el análisis, toma de muestras y configuración de los puertos a

utilizar, con programación basada en C (Quiñones, 2011, pp. 115-121).

La programación de la aplicación se realiza por medio de diagramas de bloque, para la generación de la onda de entrada a los sensores se utiliza un módulo DAQ *assitant*. Este DAQ se configura para generar una onda con las características requeridas para el correcto funcionamiento de cada sensor, con una amplitud y frecuencia determinadas en la caracterización de los sensores, además, para la lectura de las señales de voltaje que son generadas por cada uno de los sensores se utiliza otro DAQ *assitant*, el cual es configurado para leer la señal y entregar un valor de voltaje correspondiente al cambio que sufre por la fuerza generada sobre el modelo aerodinámico en la zona de pruebas.

Para la transformación de dichas señales en datos teóricos de fuerzas aerodinámicas de sustentación y arrastre, se realizan coeficientes según las ecuaciones previamente citadas. Para ello se utilizan los bloques de aritmética y un bloque denominado fórmula, que permite dar solución a una o varias variables en un sistema de ecuaciones.

En el caso del cálculo de variables como los coeficientes de sustentación y arrastre, se utilizan módulos de aritmética y comparación, para así encontrar dichos valores de forma teórica, por último, todos los valores son representados en forma tal que el usuario pueda analizar el comportamiento dentro de la zona de pruebas, visualizando de forma concreta tanto la magnitud de las fuerzas de sustentación y arrastre, la velocidad del flujo de aire equivalente.

Como resultado de la implementación del sistema, se realizan pruebas exitosas que permiten al Grupo de Investigación del Centro de Estudios Aeronáuticos, contar con una herramienta para el desarrollo de estudios aerodinámicos que se relacionen con la medición de fuerzas aerodinámicas en un túnel de viento.

5. Factores de error y recomendaciones

El aplicativo como interfaz de usuario permite ver de manera directa las variaciones de fuerza que se experimentan en un modelo de estudio de manera instantánea, por tal razón los resultados fluctúan constantemente, por la velocidad del sistema adquirente de datos. Por lo anterior se recomienda presentar los datos con un previo tratamiento, donde se capturen datos por lapsos de tiempo más amplios y se entregue una respuesta promedio.

La balanza aerodinámica está adherida directamente a la sección de pruebas al túnel de viento, razón por la cual las vibraciones mecánicas del túnel son transmitidas a los dinamómetros, que a su vez afecta la precisión de los datos

medidos. Se recomienda soportar la balanza en una estructura independiente al túnel de viento.

La velocidad del túnel es medida a partir de una calibración realizada previamente con un anemómetro, aun así, al ser una variable dependiente del comportamiento de la densidad, presión y temperatura, se recomienda agregar al sistema de adquisición de datos sensores de temperatura y presión para lograr mayor precisión en la velocidad.

Conclusiones

Al inicio de este proyecto, el Centro de Estudios Aeronáuticos contaba con un túnel de viento operativo con un funcionamiento correcto de forma mecánica, el cual en su sección de prueba se podían observar los fenómenos aerodinámicos, como los son perfiles de flujo laminar y turbulento, pero no se contaba con la metodología para determinar fuerzas que actuaban sobre los modelos en la sección de prueba, como tampoco se poseía una noción de la velocidad del viento que se puede experimentar en la sección de prueba del túnel de viento.

El grupo de investigación consiente de esta necesidad genera un proyecto de investigación, que busca desarrollar un sistema de adquisición de datos aerodinámicos e interfaz del usuario del túnel de viento subsónico, esto para contribuir y desarrollar todas las capacidades del túnel de viento.

En la figura 3 se observan los resultados de velocidad en metros sobre segundo en la sección de pruebas del túnel de viento, a partir de este comportamiento se determina la velocidad relativa de flujo con referencia a la frecuencia de salida del anemómetro. A partir de este comportamiento se predicen los valores de velocidad en la sección de pruebas del túnel de viento.

En la figura 4 se obtienen los valores de voltaje con referencia a la posición del sensor, esta indica los valores de fuerza de arrastre para los modelos de túnel de viento; a partir de la interfaz de usuario se pueden obtener estos valores de fuerza. Al usuario le permite determinar en cada momento los valores de velocidad relativa, fuerzas aerodinámicas y coeficientes aerodinámicos de una forma fácil y organizada.

Como resultado de la implementación del sistema para la medición de fuerzas aerodinámicas en un túnel de viento, es posible concluir que con ayuda de herramientas de software y de hardware se puede desarrollar una solución de instrumentación para representar gráficamente las fuerzas que actúan sobre un perfil alar que está siendo sometido a un flujo de viento en una sección de pruebas, poniendo en uso los recursos necesarios para la adquisición de



las variables a evaluar, a través de un ambiente interactivo y de fácil manejo, donde claramente se puede realizar un estudio detallado.

Gracias al trabajo realizado el Grupo de Investigación Aeronáutica (G.I.N.A) del Centro de Estudios Aeronáuticos, ahora cuenta con una herramienta para el desarrollo de estudios en aerodinámica experimental, contando con la capacidad de determinar fuerzas aerodinámica en los modelos, así como coeficientes de sustentación y arrastre con referencia a la velocidad de flujo.

Referencias

- Aerocivil. Unidad Administrativa Especial de Aeronautica Civil. (2016). *Reseña. Laboratorio de investigaciones*. Recuperado de <https://bit.ly/2Hlr7PA>
- Amaya, O. A. y Betancourt, I. V. (2016). Acondicionamiento de un túnel de viento para pruebas aerodinámicas y prácticas de laboratorio en la UNAH. *Revista de Ciencias Especiales*, 9(1), 244-263.
- Anderson, J. (2001). *Fundamentals of Aerodynamics*. Recuperado de <http://a.moirier.free.fr/A%E9rodynamique/Bouquins/Anderson/Anderson%20-%20Fundamentals%20of%20Aerodynamics%20.pdf>
- Bahamón, J. J. (2017). *Desarrollo de balanza aerodinámica para medición de perfiles alares*. (Tesis de maestría). Repositorio Universidad de los Andes. Recuperado de <http://repositorio.uniandes.edu.co/xmlui/1992/7783>
- Meseguer Ruíz, J., Alonso, G., Sanz-Andrés, A. y Pérez-Grande, I. (2008). Algunas consideraciones de carácter docente sobre la circulación en los perfiles aerodinámicos y la posición del punto de remanso anterior. *Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica*, (386), 1-7.
- Koreanschi, A., Sugar Gabor, O., Acotto, J., Brianchon, G., Portier, G., Botez, R. M., Mamou, M. y Mebarki, Y. (2017). Optimization and design of an aircraft's morphing wing-tip demonstrator for drag reduction at low speeds, Part II - Experimental validation using Infra-Red transition measurement from Wind Tunnel tests. *Chinese Journal of Aeronautics*, 30(1), 164-174.
- Potts, J. R. y Masters, D. (2015). Validation of the Aerodynamic Loading on Basic Flying Disc Geometries derived from CFD Simulations. *Procedia Engineering*, 112, 400-405.
- Quiñones, C. M. (2011). LabVIEW y la instrumentación virtual aplicados a la docencia y la investigación en ciencias básicas. *Revista Elementos*, (1), 115-121.



ANÁLISIS DE MODELOS DE CLÚSTERES AEROESPACIALES MÁS REPRESENTATIVOS A NIVEL MUNDIAL Y SU INCIDENCIA PARA EL DESARROLLO DEL CLÚSTER AEROESPACIAL DEL VALLE DEL CAUCA¹

ANALYSIS OF MOST REPRESENTATIVE AEROSPACE CLUSTER MODELS WORLDWIDE AND THEIR INCIDENCE FOR THE DEVELOPMENT OF VALLE DEL CAUCA AEROSPACE CLUSTER²

ANÁLISE DE MODELOS DE CLUSTERES DE AEROSPACEAL MAIS REPRESENTANTES A NÍVEL MUNDIAL E SUA INCIDÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE CLUSTER AEROSPACE DE VALLE DEL CAUCA³

Diego Fernando Morante Granobles⁴, Wilson Estiven López Martínez⁵

Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez. Cali, Colombia.

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 114-122

Recibido: 21/11/2016

Aprobado por evaluador: 07/04/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.591>

**Para citar este artículo:**

Morante Granobles, D. F., López Martínez, W. E. (2018). Análisis de modelos de clústeres aeroespaciales más representativos a nivel mundial y su incidencia para el desarrollo del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 114-122. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciay poderaereo.591>

¹ *Artículo de reflexión derivado del proyecto de investigación titulado: "Tecnología e innovación en el diseño de un modelo de gestión para el desarrollo del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca".*

² *Reflection article derived from the research project named "Technology and innovation in the design of a management model for the development of Valle del Cauca Aerospace Cluster".*

³ *Artigo de reflexão derivado do projeto de pesquisa intitulado: "Tecnologia e inovação na concepção de um modelo de gestão para o desenvolvimento do Cluster Aeroespacial de Valle del Cauca".*

⁴ Docente de tiempo completo, programa de Administración Aeronáutica, Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez, Cali, Colombia. Doctor en Gestión Tecnológica e Innovación, Universidad Autónoma de Queretaro. Correo electrónico: dfmorante@emavirtual.edu.co. ORCID: 0000-0001-6543-1694

⁵ Administrador Aeronáutico, en la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez, Cali, Colombia. Piloto Militar Satena. Correo electrónico: wilson.lopez@satena.com. ORCID: 0000-0002-4823-2172

Resumen: Este artículo ofrece un panorama de los clústeres aeroespaciales a nivel mundial, tomando como referencia los más representativos de Europa, Canadá, Estados Unidos y Latinoamérica. La reflexión de la información recopilada aporta herramientas potencialmente útiles para el desarrollo del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca, y a su vez contribuye al perfeccionamiento de su estructura organizacional, con el propósito de que se convierta en un sector competitivo importante para la economía del país. Metodológicamente se recurre a las técnicas de análisis y síntesis de la información recolectada a través de búsquedas en textos físicos y artículos indexados en páginas web. La puesta en práctica de los hallazgos de los referentes estudiados permitiría a Colombia mejorar su economía considerablemente si le apostara al desarrollo de este tipo de clústeres en el sector aeroespacial.

Palabras clave: Clúster aeroespacial, competitividad, desarrollo, innovación.

Abstract: This article provides an overview of aerospace clusters worldwide, taking as reference the most representative of Europe, Canada, the United States, and Latin America. The reflection of the information collected provides with potentially useful tools for the development of the Valle del Cauca Aerospace Cluster, and in turn contributes to the improvement of its organizational structure, so that it becomes an important competitive sector for the country's economy. Methodologically, we use the techniques of analysis and synthesis of information collected through searches in physical texts and articles indexed in web pages. The implementation of the findings of the referents studied would allow Colombia to improve its economy considerably if it were to support the development of such clusters in the aerospace sector.

Keywords: Aerospace cluster, competitiveness, development, innovation.

Resumo: Este artigo fornece uma visão geral dos clusters aeroespaciais em todo o mundo, tomando como referência o mais representativo da Europa, Canadá, Estados Unidos e América Latina. O reflexo da informação coletada contribui com ferramentas potencialmente úteis para o desenvolvimento do Cluster Aeroespacial do Valle del Cauca e, por sua vez, contribui para a melhoria da estrutura organizacional, para que se torne um importante setor competitivo para a economia do país. Metodologicamente, utilizamos as técnicas de análise e síntese de informações coletadas através de pesquisas em textos físicos e artigos indexados em páginas da web. A implementação dos achados dos referentes estudados permitiria que a Colômbia melhorasse consideravelmente sua economia se apoiasse o desenvolvimento desses clusters no setor aeroespacial.

Palavras-chave: Cluster aeroespacial, competitividade, desenvolvimento, inovação.

Introducción

Se aborda el tema desde varios aspectos: identificación de los modelos de clúster aeroespacial de diferentes países, sus características de producción, antecedentes o marco histórico y descripción de sus componentes.

Los clústeres aeroespaciales como conglomeración de empresas buscan un fin común, el cual es potenciar tanto económica como industrialmente al país en donde se desarrollen. Permiten un avance tecnológico muy importante para el mundo entero con la creación de nuevos procesos y componentes para aeronaves. Su característica principal es el reconocimiento a nivel mundial, debido a la aplicación de sus modelos de gestión y desarrollo tecnológico en este sector.

Este artículo se realiza con el interés de recopilar información teórica a fin de contribuir al desarrollo del Clúster Aeroespacial en el departamento del Valle del Cauca, al identificar los elementos que puedan incidir en su impulso luego de revisar la estructuración y características de clústeres existentes a nivel mundial.

Se realizó la búsqueda de información en diferentes fuentes como libros, artículos, revistas y páginas web importantes para el desarrollo del tema, configurando un marco teórico que contiene todo lo concerniente a los clústeres con definiciones, tipos y modelos.

Colombia mejoraría su economía en un porcentaje considerable si se visionara como polo de desarrollo de un sector creciente como es el aeroespacial, lo que le permitiría obtener un ascenso en el PIB con la demanda cada día creciente de aeronaves y sus componentes.

Marco de referencia

La industria aeroespacial ha tenido un gran incremento en los últimos años, representando un papel muy importante para la economía de los países que inician este tipo de industria dentro de sus actividades de desarrollo. La creación de clústeres aeroespaciales permite a las empresas ser más competitivas en su sector económico, haciendo que sus procesos de producción sean más eficientes frente a la demanda que se quiere cubrir.

Los mayores beneficiados con la creación de clústeres aeroespaciales son los países que presentan esta actividad industrial, debido a que ayuda al crecimiento de su economía con aportes de innovación y tecnología.

Mitxel, Idígoras y Vicente (2003), citan en su documento a Porter (1990), haciendo referencia al término "clúster" acuñado por él en su estudio La ventaja competitiva de

las naciones, donde Porter consideraba que "la agrupación de empresas y su correspondiente especialización en determinadas actividades productivas contribuía favorablemente sobre los cuatro polos del diamante que explica la ventaja competitiva" (p. 56).

El significado de clúster y su incidencia en la industria aeroespacial, es definido por Porter (1999), citado en Clúster Económico (2008), como "concentraciones geográficas de empresas e instituciones interconectadas que actúan en determinado campo" (p. 1).

En 1923 Marshall (como se citó en Mixteco, Idígoras y Vicente, 2004, p. 56) acude al término de "distrito industrial" para designar este tipo de actividad, definiéndola como "la agrupación en un territorio de pequeñas empresas de características similares, que tratan de mejorar su productividad como consecuencia de la división del trabajo entre las mismas"

La industria aeroespacial se ha convertido en uno de los sectores que ha alcanzado mayor conocimiento, gracias al desarrollo de la competitividad, derivado del nacimiento y crecimiento de clústeres en los países industrializados, vinculados al avance de la tecnología que a su vez implica mayor capacitación del recurso humano.

Esta industria genera alrededor del mundo aproximadamente 450 millones de dólares y es fuente directa de empleos especializados gracias al surgimiento de nuevas tecnologías, lo que permite iniciar actividades innovadoras y de desarrollo con mayor valor agregado en su cadena productiva, sobre todo cuando se piensa en componentes de aeronaves y su respectiva construcción (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012).

Metodología

Este artículo de reflexión se basa en una revisión bibliográfica de la información de artículos especializados y fuentes documentales, con el objetivo de conocer en detalle el avance de los clústeres aeroespaciales. A través de una metodología de análisis y síntesis, se revisan los antecedentes de gestión a nivel mundial, así como se definen y analizan sus modelos, estructuras y componentes organizacionales.

Con la consulta se buscó información acerca de los modelos de clústeres aeroespaciales de Europa, Norteamérica y Latinoamérica, la cual fue examinada detenidamente con el fin de identificar los principales elementos que influyen en el desarrollo de cada clúster, para finalmente hacer un intento por agruparlos y sugerir su implementación en el desarrollo del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca.



Resultados

Clústeres aeroespaciales de Europa

La Asociación Europea de Clúster Aeroespacial es una red ubicada en el continente europeo y establecida en el marco CLUNET (Interconexión de Políticas de Clúster mediante Internacionalización e Incubación), un proyecto de la INNO EUROPE PRO que permite el intercambio de experiencias para la ejecución de proyectos con referencia a políticas de innovación, desarrollo y clúster.

Este tipo de asociación tiene como objetivo principal el intercambio de información y conocimientos entre sus miembros para poder crear una Europa mucho más competitiva en el sector aeroespacial mundial. El desarrollo propuesto en la EACP (Agrupación de Clústeres Aeroespaciales de Europa) permite a las agrupaciones pertenecientes obtener un mejor y más fuerte posicionamiento en esta industria, con la cooperación transnacional que se ejerza entre ellos mismos. Actualmente, la Asociación Europea de Clúster Aeroespacial cuenta con 34 clústeres miembros de 13 países europeos.

Clústeres aeroespaciales de Alemania

La industria aeronáutica, tanto en la producción de aeronaves civiles como militares, da numerosas oportunidades a las empresas españolas fabricantes de interiores de aeronaves, construcciones ligeras y motores.

La fase más reciente en los negocios de Alemania se basa en políticas económicas e innovadoras de las cuales se resaltan la investigación y la tecnología aeronáutica. Por ende, se ha incrementado el apoyo a las instituciones y empresas dedicadas a este tipo de industria, garantizando una estabilidad económica y, sobre todo, proyección a alcanzar puestos de trabajo cualificados. Los clústeres aeroespaciales que se establecen en el territorio nacional de Alemania ayudan al desarrollo e innovación de tecnologías aeronáuticas (Ami Global Market, 2014).

Clústeres aeroespaciales de Bélgica

Esta industria está jugando un valioso papel en la economía de este país, ya que son muchos los aviones y aeronaves espaciales que se están desarrollando y produciendo. Grandes e importantes empresas del sector aeroespacial operan en Bélgica. Este sector persigue objetivos tales como: ser miembros en los programas de I+D (investigación y desarrollo) y monitorear los avances en el sector tecnológico, entre otros (Ami Global Market, 2014).

Clústeres aeroespaciales de Italia

El sector aeroespacial se destaca por sus principales desarrollos en el sistema satelital avanzado Cosmo-Sky-med, con el objetivo de tener una mejor observación de la

Tierra, manejo de riesgos ambientales, defensa y seguridad global. La industria aeroespacial de este país ocupa el cuarto puesto de toda Europa y el séptimo a nivel mundial, con unos ingresos anuales de 13 mil millones de euros, de los cuales aproximadamente 7 mil son gracias a las exportaciones. Con respecto a su aporte al PIB de Italia, la industria aporta con un 1 %, proporcionando 60 mil empleos (Osorio, 2015).

Clústeres aeroespaciales de España

El comienzo de España en la industria aeroespacial dio la oportunidad de crear en prosperidad, entrando al proyecto Airbus, siendo nombrada la quinta potencia europea en el sector aeroespacial, tanto en facturación como empleo. España fabrica componentes de aeronaves para empresas líderes en los sectores aeroespacial y militar, también algunos productos propios. Este país ha presentado un crecimiento del 13% anual contribuyendo a su vez a la I+D (Clos, 2007). En la tabla 1 se muestran las características y descripción de los indicadores más relevantes de la industria aeroespacial de España.

Tabla 1.

Industria aeroespacial de España

Característica	Descripción
Producción	5 mil 577 millones de euros (2010). Onceavo mercado mundial.
Tasa de crecimiento	11 % (2000-09).
Empleo	36 mil personas (2010).
Participantes	383 empresas, siendo las principales: Airbus, EADS-CASA, Eurocopter, ITP, Aeronova, Indra.
Clústeres	1. Madrid (Madrid Network). Concentra el 63 % de la producción nacional. 2. Andalucía (Aerópolis). 3. País Vasco (Hegan).

Fuente: Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía (2012).

Los clústeres aeroespaciales cumplen un importante papel dentro del sector aeroespacial de España, ayudando a incrementar sus actividades económicas, estos son: Hegan, Hélice, Clúster Aeroespacial de Madrid y Clúster Aeroespacial Aragonés.

Clústeres aeroespaciales de Norteamérica

Clústeres aeroespaciales de Canadá

La industria aeroespacial de este país no tiene límites, desde sus comienzos ha desarrollado mejores técnicas para el sector. Por ejemplo, lidera el campo de la robótica aeroespacial con la invención del androide llamado Dextre, que cuenta con dos brazos. También ha desarrollado, de forma avanzada, satélites como el Radarsat 2 para la observación terrestre y aeronaves de importancia militar. El sector aeroespacial fue el que más aportes obtuvo para el país en el 2005, dado que sus ventas acumularon alrededor de 21.800.000 dólares con una oportunidad de trabajo para 75.000 canadienses (López, 2010).

En Canadá las principales conglomeraciones se ubican en Montreal, donde se centra el 50 % de la industria aeroespacial; y en Toronto, donde se diseñan modelos regionales para el modelo DHC-8, produciéndose a su vez sus componentes (Hualde y Carrillo, 2007).

El clúster aeroespacial Aero Montreal de Quebec es uno de los más representativos, fue creado en el año 2006 y está formado por empresas, instituciones educativas y de investigación, asociaciones y sindicatos más importantes en la toma de decisiones en el sector aeroespacial de Quebec.

Se compone de fabricantes de equipos, subcontratistas, promovedores líderes, y en él tienen especial participación las instituciones educativas que forman mano de obra calificada. También hacen parte centros de investigación altamente competitivos, y organizaciones internacionales con sedes allí, como la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), el Consejo Internacional de Negociación de Aviación (IBAC) y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

Con 204 empresas, la Grand Montreal ocupa el tercer lugar como capital mundial de la industria aeroespacial, por debajo de Seattle y Toulouse. Quebec ocupa el sexto puesto de los mayores fabricantes de equipos aeroespaciales a nivel mundial.

Los clústeres aeroespaciales de Canadá juegan un papel muy importante en el desarrollo de la industria aeroespacial del país en su ámbito tecnológico e innovador.

Clústeres aeroespaciales de Estados Unidos

Estados Unidos está considerado como uno de los países líderes en el desarrollo e innovación en la industria aeroespacial, con el gasto gubernamental militar más alto del mundo, aunque ha tenido momentos críticos, por ejemplo, después de la Guerra Fría y en el gobierno de Clinton, y

momentos en los que ha crecido, como después del suceso ocurrido el 11 de septiembre de 2001. Las ciudades en las que se concentra mayor desarrollo en la industria aeroespacial son Los Ángeles, Seattle, Washington, Wichita y New York (Hualde y Carrillo, 2007).

La industria aeroespacial contribuyó en el año 2012, con 118.5 mil millones en ventas de exportación a la economía. Las empresas extranjeras se sienten atraídas por el mercado aeroespacial de Estados Unidos, ya que este presenta una fuerza laboral capacitada, extensos sistemas de distribución, varias ofertas, y sin olvidar, un apoyo a nivel local y nacional para la promoción y la política (SelectUSA, s.f.).

Las conglomeraciones también cumplen un importante papel dentro de esta industria en los Estados Unidos. Las más destacadas se encuentran en los siguientes estados y ciudades:

El estado de Washington posee el mayor clúster aeroespacial del mundo, empleando a más de 131.000 personas con unas 1.250 empresas del sector (Partnership Washington Aerospace, 2013).

Existen 175 empresas fabricantes de aeronaves ubicadas en este estado, empleando a más de 92.040 personas. En Washington la industria aeroespacial se divide en cuatro regiones que son: Puget Sound, donde se encuentra la sede mundial de tres unidades de negocios importantes para la compañía Boeing y más de 585 empresas aeroespaciales componen este sector junto con bases aéreas como la Lewis-McChord.

La región noroeste de Washington, donde se ubica el clúster de fabricación de materiales compuestos y avanzados, además, es la región líder en el diseño e ingeniería de materiales compuestos y del interior de las aeronaves. La región suroeste de Washington, en donde se realiza un gran apoyo a la compañía Boeing con respecto al acabado de metales, plásticos y electrónicos. Por último, la zona centro/este del estado, que posee dos aeropuertos internacionales en los condados de Grant y Spokane, lo que proporciona grandes oportunidades de desarrollo para la fabricación aeroespacial (Partnership Washington Aerospace, 2013).

La ciudad de Wichita es conocida principalmente por su actividad económica en la industria aeroespacial, es llamada por muchos la capital mundial del aire en donde Boeing tuvo participación con la creación de bombarderos durante la Segunda Guerra Mundial y las compañías Clyde Cessna, Walter Haya y Bill Lear abrieron fábricas allí.



Whichita también es uno de los cinco grupos de aviación más importantes a nivel mundial (McMillin, 2013).

Los Ángeles es uno de los condados de los Estados Unidos privilegiado en el sector aeroespacial y de la defensa, en donde se establecen más de 306 empresas en el clúster de vehículos aeroespaciales y la industria de la defensa, empleando a 56.239 personas, siendo líder en este sector (McMillin, 2013).

En este condado se pueden encontrar oficinas de las más importantes empresas aeroespaciales de EE.UU, tales como Northrop Grumman, Boeing, Lockheed, Raytheon, entre otras. La NASA también opera desde este condado, ya sea en investigaciones u operaciones de vuelo atmosférico (McMillin, 2013).

Clústeres aeroespaciales de Latinoamérica

Clústeres aeroespaciales de México

México es líder en el desarrollo tecnológico en este sector en Latinoamérica. Ha presentado un crecimiento de más del 17 % anual desde hace ocho años (Curiel, Ruiz, Tinoco, Delfín y Cruz, 2015).

La industria está caracterizada principalmente por la participación de empresas extranjeras, que se han encontrado en este país para establecer allí sus inversiones y poder crecer. Sin duda alguna, también se han creado empresas mexicanas en este mismo sector aeroespacial, el número de ellas en el año 2010 fue de 260 (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012).

La inversión extranjera directa (IED) ha tenido gran auge en la industria aeroespacial de México, cuyos procesos se distribuyen así: 79 % en manufactura, 11% en mantenimiento y reparación y un 10 % en investigación y desarrollo (Medina, 2012).

Las exportaciones de la industria aeroespacial mexicana se distribuyen en los más importantes mercados internacionales: Estados Unidos (81%), seguido de Francia y Alemania (con 2.8% cada uno), Canadá (2.6%) y el Reino Unido (2.6%). Todo esto ha permitido que México se ubique en el noveno proveedor de la industria aeroespacial para el mercado de Estados Unidos y el sexto para el de la Unión europea (Medina, 2012).

Baja California

Esta industria aeroespacial ha alcanzado en las últimas décadas una gran importancia para el sector, debido a que allí se encuentra el mayor número de plantas a nivel nacional. Con 42 plantas y proporcionando aproximadamente

12.204 empleos, Baja California permite que el desarrollo aeroespacial en México continúe en un proceso continuo de crecimiento. El 76% de las plantas son estadounidenses y se encargan o dedican al ensamblaje o manufactura de productos para el sector aeroespacial (Hualde y Carrillo, 2007). De las 39 empresas ubicadas en Baja California, la mayoría son extranjeras, reportándose a corporativos localizados en California; sus clientes más importantes son: Boeing, Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Airbus, Bombardier, Embraer, Cessna y General Dynamic (Hualde y Carrillo, 2007).

En la ciudad de Tijuana se concentra el 49% de operaciones en el sector aeroespacial, el 39 % en Mexicali y el 12% en los otros municipios y estados en Baja California.

Sonora

Esta industria aeroespacial se desarrolla desde el año de 1999 mediante el proyecto Empalme-Guaymas, cuando The Offshore Group (máquinas Tetakagui), alcanzó a contratar en el esquema de Shelter a la empresa Smith West. En la actualidad, son 20 las empresas que operan en Sonora manufacturando componentes de turbinas, partes de motor, sensores, sistemas hidráulicos y neumáticos, anillos para turbinas, entre otras categorías de productos aeroespaciales (Hualde y Carrillo, 2007).

El clúster aeroespacial de Sonora ofrece más de 31 mil empleos, gracias a las 250 empresas instaladas allí y a la cercanía con los mercados de Estados Unidos, Canadá, Alemania y Francia. De las estrategias que este estado maneja en su producción aeroespacial, se destaca el desarrollo de la proveeduría principalmente en el área de turbinas; 50 % de los proveedores de turbinas en el país están en Sonora, exportando más de 164 millones de dólares con los Estados Unidos como principal destino. Las ciudades que operan el sector aeroespacial en Sonora son: Nogales, Agua Prieta, Cumpas, Hermosillo, Guaymas/Empalme y Cd. Obregón (Hernández, Méndez, Romero y León, 2014).

Clústeres aeroespaciales de Brasil

Se posiciona como la primera potencia en el sector aeroespacial, en materia de recursos tecnológicos y humanos en América Latina y el Caribe. La Embraer (empresa brasileña de aeronáutica) es la organización más importante en el sector aeroespacial en Brasil, ubicándose en el puesto 89 de las primeras 500 empresas de América Latina en el año 2014.

Brasil ocupa el quinto puesto en la producción de aeronaves comerciales a nivel mundial, con la ayuda de la Embraer que trabaja tanto en la industria civil como en la militar (Rodríguez, 2014). Embraer es la tercera compañía

aeroespacial más grande del mundo y es la mayor en el sector en Brasil, dueña de más del 90 % del mercado local. Muchas empresas se relacionan con Embraer debido a que se encarga de producir componentes de aeronaves y hacer mantenimiento de estas mismas (Utsumi, 2014).

El estado de Sao Paulo tiene el mayor centro aeroespacial en toda América Latina, se encuentra localizado en la región de Sao José Dos Campos. En este lugar se ubican aproximadamente 100 instalaciones para la fabricación de aeronaves (AIAB, 2015).

Las compañías brasileras aeronáuticas desarrollan todo tipo de actividades que permiten el avance del sector aeroespacial y de defensa. Se involucran en diseño y desarrollo, fabricación, producción, tecnología, etc. Productos tales como aeronaves, helicópteros, segmentos estructurales, motores, partes de motores, sistemas de equipo abordo y sistemas de control de tráfico aéreo.

El sector de defensa ofrece aeronaves con un diseño capaz de cumplir con todos los requisitos, como es el caso del avión Supertucano, así como los sistemas de armas, equipamiento, armas guiadas y no guiadas y la interacción de sistemas (Swiss Business Hub Brazil, 2009).

Clústeres aeroespaciales de Colombia

Antioquia

El Clúster Aeroespacial Colombiano (CAESCOL) surge como resultado de la integración del sector empresarial de Antioquia y el Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa (CETAD), que pertenece a la Fuerza Aérea Colombiana con sede en la Base Aérea de Combate No. 5 en Rionegro.

Durante cuatro años, este clúster aeroespacial ha producido un número aproximado de 100 componentes aeronáuticos, de los cuales seis están certificados por la Sección de Certificación de la Fuerza Aérea Colombiana. El clúster aeroespacial se fundó inicialmente como una corporación sin ánimo de lucro, en colaboración de la Fuerza Aérea Colombiana con el Comando Aéreo de Combate No. 5 y las siguientes empresas: Compoestructuras S.A.S., Global Rotor S.A.S., Cima Ltda., Fulcrum S.A.S., Dream House S.A.S., Interelco S.A.S., Rutech S.A.S., Oriontech S.A.S., Maquinamos Industrias S.A.S., MPL Aviation S.A.S., Setein S.A.S., Setimtec S.A.S. y Nediard S.A.S. (Agencia de Cooperación e Inversión de Medellín y el Área Metropolitana, 2016).

Risaralda

Hace más de tres años se dio la creación del clúster aeronáutico en Risaralda, con el apoyo de la Cámara de Comercio de Dosquebradas, junto con la participación de la Fuerza

Aérea Colombiana. Catorce empresas del sector aeronáutico en la región empezaron con el desarrollo de repuestos para helicópteros Black Hawk y aviones como el Kfir o el Cessna Caravan. Para el Black Hawk se fabrican 34 de las 17.000 unidades de partes que posee el helicóptero de operación militar, de estas se incluyen elementos para el rotor de cola, frenos, tanques para el combustible, válvulas y coberturas especiales.

Valle del Cauca

El Valle del Cauca cuenta con cuatro empresas que se dedican a la fabricación de aeronaves ultralivianas, aproximadamente 10 fábricas creadoras de componentes para este tipo de industria y se considera que 30 pymes del sector metalmeccánico podrían colaborar con el desarrollo del clúster (El País, 2015).

La necesidad de que se disminuyeran las importaciones de productos aeroespaciales y aeronáuticos que la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) ha utilizado para el avance de sus aeronaves y el mantenimiento de estas, hizo que se pensara en el año 2006 en la creación del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca. Este permitiría la interacción entre las empresas vallecaucanas dedicadas a procesos que permitan el desarrollo de esta actividad económica, y consecuentemente, compartir sus experiencias y sobre todo transmitir su conocimiento.

A finales del año 2010 y comienzos de 2011, la idea de crear un clúster tomó forma gracias a la propuesta del ingeniero Jaime Aguilar M., con el fin de contribuir al desarrollo de este tipo de industria en el país (Gutiérrez, 2015).

La unión entre la Fuerza Aérea Colombiana, la Gobernación del Valle y la Cámara de Comercio de Cali, ha permitido la interacción entre más de 40 empresas, ya sean entidades públicas o privadas, que pertenecen al sector aeronáutico, junto con compañías de los sectores automotrices, metalmeccánico, plástico y textil. Las relaciones dentro del clúster aeroespacial no solo se da con empresas, sino también con universidades, centros de investigación y sobre todo, escuelas de aviación.

Conclusiones

Colombia mejoraría su economía en un porcentaje considerable si se emprendiera una visión a futuro para la continuidad en el desarrollo de este tipo de clústeres en el sector aeroespacial, la demanda de aeronaves y sus componentes permitiría obtener un ascenso en el PIB colombiano.

Las experiencias de países norteamericanos, europeos y latinoamericanos deben considerarse para el crecimiento del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca. En la región



suroccidental de Colombia, así como en el Eje Cafetero, zona muy próxima, existen un sinnúmero de empresas que podrían contribuir al desarrollo y fabricación de partes para aeronaves, lo cual además fomentaría la generación de puestos de trabajo. Así mismo, sería favorable crear el compromiso de trabajar aunadamente con las instituciones académicas de la región para que la educación presente innovación en programas técnicos, tecnológicos y profesionales enfocados en las actividades que demanda el Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca, que en el momento adolece de avances significativos, para que tome vuelo y proporcione desarrollos industriales y aeroespaciales para Colombia.

También se hace necesaria la participación de estamentos públicos y privados para contar con recursos suficientes para la investigación y desarrollo del sector.

El crecimiento y empoderamiento del clúster aeroespacial también beneficiaría a los aviones de la Fuerza Aérea Colombiana y sus componentes. Se podrían manejar economías de escala frente a las necesidades, basadas en convenios que también permitan la participación extranjera, puesto que la industria aeroespacial es de suma importancia para la economía, debido a los billones de dólares que produce al año y al aumento de avances tecnológicos que innovan los procesos de construcción de las aeronaves, mejorando la calidad de estas y las condiciones de seguridad para quienes las usan.

Referencias

- AIAB - Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (2015). *La industria aeroespacial brasileña*. Recuperado de: <http://www.aiab.org.br/site-espanhol/industria-aeroespacial.asp>
- Agencia de Cooperación e Inversión de Medellín y el Área Metropolitana (2016). *Clúster aeroespacial colombiano se consolida en Antioquia*. Recuperado de: <http://mplaviation.com/cluster-aeroespacial-colombiano-se-consolida-en-antioquia/>
- Ami Global Market (2014). *Oportunidades de Bélgica*. Recuperado de: <http://www.amiglobalmarket.com/es/tag/bpo-es/>
- Clos, J. (2007). *Plan estratégico para el sector aeronáutico español en el periodo 2008-2016*. Madrid: Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. Recuperado de: https://www.cdti.es/recursos/publicaciones/archivos/43134_257257200791039.pdf
- Clúster Económico (2008). *El concepto de clúster*. Recuperado de: <https://clustereconomico.wordpress.com/2008/11/06/%C2%BFque-es-un-clusters-economicos/>
- Curiel, U., Ruiz, A., Tinoco, M., Delfín, R. y Cruz, C. (2015). ¿Un clúster en Oaxaca, México? *Cathedra et Scientia. International Journal*, 1(2), 149-182. Recuperado de: http://www.profesoresuniversitarios.org.mx/catedra_ciencia_international_journal/0025_cluster_oaxaca_mexico.pdf
- El País (24 de febrero de 2015). *Valle quiere reactivar el clúster aeroespacial*. Recuperado de: <http://www.elpais.com/california/valle-quiere-reactivar-el-cluster-aeroespacial.html>
- Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía (2012). *Pro-Aéreo 2012-2020. Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial*. Recuperado de: http://economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/PROAEREO-12-03-2012.pdf
- Gutiérrez, R. (2015). Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca, una visión de futuro. *Revista Aeronáutica Fuerza Aérea Colombiana*, (267), 18-19. Recuperado de: <https://www.revistaaeronautica.mil.co/cl%C3%BAster-aeroespacial>
- Hernández, J., Méndez, C., Romero, J. y León, F. (2014). *Clúster aeroespacial. Perfil competitivo para el Estado de Sonora*. Recuperado de: http://www.chi.itesm.mx/icm/wp-content/uploads/2014/12/1654561_ICM_TecMty_Chihuahua_Clster_Aeroespacial_Sonora.pdf
- Hualde, A. y Carrillo, J. (2007). *Diagnóstico de la industria aeroespacial en Baja California. Características productivas y requerimientos actuales y potenciales de capital humano*. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- López, I. (2010). La seguridad aeroespacial en América del Norte. *Norteamérica*, 5(1), 173-219. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35502010000100007
- Marshall, A. (1923). *Industry and Trade*. London: MacMillan.
- McMillin, M. (2013). Wichita's aviation industry can rebound, analysts say, by expanding its focus. *The Wichita Eagle*. Recuperado de: <http://www.kansas.com/news/business/aviation/article1116831.html>
- Medina, S. (2012). El despegue de la industria aeroespacial en México. *Comercio Exterior*, 62(6), 3-9. Recuperado de: http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/151/1/Nov-Dic_3-9.pdf
- Mitxeo, J., Idígoras, I. y Vicente, A. (2004). Los clusters como fuente de competitividad: el caso de la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Cuadernos de Gestión*, 4(1), 55-67. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10810/7085>
- Osorio, M. (2015). *Italia es un jugador global en el sector aeroespacial*. Recuperado de: <https://www.20minutos.com.mx/noticia/b309411/italia-es-un-jugador-global-en-el-sector-aeroespacial/>

- Partnership Washington Aerospace (2013). *The Washington Aerospace Industry Strategy*. Recuperado de: <https://www.engr.washington.edu/files/facresearch/uw-arc/docs/wa-aero-industry-strategy2013.pdf>
- Porter, M. (1990). *La ventaja competitiva de las naciones*. Barcelona: Plaza & Janes. Nueva York: Free Press.
- Porter, M. (1999). *Ser competitivo*. Bilbao: Ed. Deusto.
- Rodríguez, J. (2014). *Liderazgo de Brasil y perspectivas de Colombia en el sector aeronáutico*. Trabajo de posgrado (especialización en Administración Aeronáutica). Bogotá, D.C.: Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de: <https://bit.ly/2kDhu69>
- SelectUSA (s.f.). *La industria aeroespacial en los Estados Unidos*. Recuperado de: <https://www.selectusa.gov/aerospace-industry-united-states>
- Swiss Business Hub Brazil (2009). *The Brazilian aerospace cluster*, São Paulo.
- Utsumi, I. (2014). *Brazilian Aerospace Industry*. Recuperado de: <http://thebrazilbusiness.com/article/brazilian-aerospace-industry>





ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA PARA LA CÁTEDRA DE LA PAZ EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA A PARTIR DE LAS COMPETENCIAS CIUDADANAS¹

TEACHING STRATEGIES FOR THE LECTURESHIP OF PEACE IN HIGH SCHOOL STUDENTS THROUGH CITIZENSHIP COMPETENCES²

ESTRATÉGIAS DE ENSINO PARA A CÁTEDRA DA PAZ EM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO COM BASE EM COMPETÊNCIAS DE CIDADÃS³

Luz Mery Otálora Rodríguez⁴

Escuela Superior de Guerra. Bogotá, Colombia.

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 13 / Número 1 / Enero-Junio de 2018 / Colombia / pp. 124-140

Recibido: 28/07/2017

Aprobado por evaluador: 08/04/2018

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.588>



Para citar este artículo:

Otálora Rodríguez, L. M. (2018). Estrategias de enseñanza para la Cátedra de la Paz en estudiantes de secundaria a partir de las competencias ciudadanas. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 124-140. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.588>

¹ Artículo de investigación presentado como opción de grado para optar al título de magíster en Derechos Humanos y Derecho Internacional de los Conflictos Armados de la Escuela Superior de Guerra, siendo producto del proyecto de Investigación de Pedagogía de los Derechos Humanos, vinculado al grupo de investigación DD. HH., DICA.

² Research article is presented as a final degree work to opt for the master's degree in Human Rights and International Law of Armed Conflicts at Escuela Superior de Guerra, being the outcome of the research project of Human Rights Pedagogy, attached to the research group in Human Rights, DICA.

³ Artigo de pesquisa é apresentado como uma opção de graduação para se candidatar ao mestrado em Direitos Humanos e Direito Internacional dos Conflitos Armados da Escola Superior de Guerra, sendo o produto do projeto de Pesquisa de Pedagogia dos Direitos Humanos, ligado ao grupo de pesquisa DD. HH., DICA.

⁴ Asesora pedagógica del Centro de Investigación para la Memoria Histórica Militar – CIMHM, de la Escuela Superior de Guerra en Cátedra de la Paz. Licenciada en Educación, especialidad en Ciencias Sociales y Económicas. Correo electrónico: luzmeryotalora@hotmail.com.

Resumen: El fortalecimiento en el nivel de la educación secundaria de los procesos de formación en derechos humanos, valores y principios democráticos dentro del contexto de la Cátedra de la Paz, conlleva a nutrir las prácticas ciudadanas de equilibrio y acercamiento requeridas en escenarios de paz, razón por la que el presente artículo formula una propuesta de estrategias desde las competencias ciudadanas, para que los estudiantes de secundaria puedan desarrollar habilidades y destrezas, ser capaces de relacionarse con los demás en la resolución de conflictos mediante el manejo y control de sus emociones, puesto que examinar los componentes que intervienen en la aplicación de este currículo dentro del plan institucional de enseñanza, procura un aporte para el soporte de la preparación integral de los estudiantes en la enseñanza de las competencias en la Cátedra de la Paz.

Palabras clave: Cátedra de la Paz, competencias ciudadanas, derechos.

Abstract: Strengthening the processes of training in human rights, values, and democratic principles within the context of the lectureship of Peace in secondary education leads to nurturing the citizen practices of balancing and approaching that are required in peace scenarios. That is why this paper proposes strategies derived from citizen competencies so that secondary school students develop abilities and skills, be able to relate with others in conflict resolution by handling and controlling their emotions. Examining the components that intervene in the application of this curriculum within the institutional education plan would be a contribution to support the comprehensive preparation of students within the teaching of competencies in the lectureship of Peace.

Keywords: Lectureship of Peace, citizen competencies, human rights, emotional control.

Resumo: O fortalecimento no nível do ensino médio dos processos de formação em direitos humanos, valores e princípios democráticos no contexto da Cátedra da Paz, leva a alimentar as práticas cidadãs de equilíbrio e abordagem requeridas nos cenários de paz, razão pela qual este artigo faz um proposta de estratégias desde as competências cidadãs para que os estudantes do ensino médio possam desenvolver habilidades e aptidões, ser capazes de se relacionar com os outros na resolução de conflitos pela gestão e controle de suas emoções, dado que examinar seus componentes que intervêm na aplicação deste currículo dentro do plano institucional de educação, procura-se uma contribuição para apoiar a preparação integral dos estudantes no ensino de competências na Cátedra de Paz.

Palavras-chave: Cátedra da Paz, competências cidadãs, direitos humanos, controle emocional.

“Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo.”

ALBERT EINSTEIN

Introducción

En virtud de las consideraciones jurídicas emanadas del Decreto 1038 de 2015 y plasmadas en la Ley 1732, que establece la Cátedra de la Paz a manera de iniciativa que sustente desde el sector educativo la propiciación de ámbitos de equilibrio como el cultural, el ambiental, el político, el jurídico, el económico, con miras a que Colombia asuma un compromiso en la enseñanza de los principios y deberes para la reconstrucción del tejido social, a manera de enarbolar el fin último que es la consolidación de la convivencia pacífica y por ende indicado en el artículo 95 de la Constitución de 1991.

Desde esa óptica, las aulas se erigen como piezas angulares que estimulan el aprendizaje de contenidos ambientados para la edificación de escenarios equilibrados, en donde el fomento de los valores ciudadanos conforma una carta proactiva sobre la cual promover dirección en la resolución de conflictos y logro de equidad. En consecuencia, al nivel de los grados secundarios, debe fomentarse la ruta curricular sobre la cual irradiar la enseñanza de la Cátedra de la Paz. No obstante, los retos que esta tarea entraña, apremian por estudios, iniciativas y propuestas que nutran ese escenario pedagógico y vayan más allá de una concepción rígida, en la que únicamente se irradian conocimientos sujetos a un diseño curricular sin que se acuda como es aconsejable, al potencial creativo de los estudiantes para que se logre un producto compacto de aprendizaje de prácticas de convivencia pacífica y valores ciudadanos.

En virtud de lo anterior, la presente reflexión se encamina a formular, para el contexto colombiano, una propuesta de estrategias de enseñanza desde las competencias ciudadanas, para que los estudiantes de secundaria como sujetos políticos y sociales, intervengan en la resolución de conflictos mediante el manejo y control de sus emociones, puesto que examinar los componentes que intervienen en la aplicación de este currículo dentro del plan institucional de enseñanza, procura un aporte para el soporte de la preparación integral de los estudiantes en la Cátedra de la paz.

Para el cumplimiento de este cometido, el artículo se desarrolla en cinco segmentos: 1) Pilares de la Cátedra de la Paz; 2) La enseñanza de los derechos humanos; 3) Naturaleza de las competencias; 4) Dimensión del concepto y el manejo emocional y; 5) Las estrategias. Finalmente concluye las consideraciones con las cuales tomar nota para la inserción de iniciativas que desarrollen el sentido

de facilitación de espacios para la paz en los estudiantes de secundaria, y los haga partícipes como actores políticos y sociales de la convivencia armónica.

En esa dirección, el estudio condensó en las temáticas de manejo de la emotividad, derechos humanos, proceso enseñanza-aprendizaje y competencias ciudadanas, la significancia en el contexto de la convivencia pacífica. Sobre principios y valores se aboga por dimensionar las aristas de la Cátedra de la Paz en un contexto real y no ideal, ya que las competencias se convocan para el resultado y no para el imaginario.

Metodología

La presente investigación es de tipo cualitativo, por lo que emprende la búsqueda de documentación con fuentes pertinentes y efectúa un proceso selectivo que a partir del examen de los presupuestos conceptuales del proceso de aprendizaje, permite plantear escenarios con los cuales interpretar la viabilidad de las estrategias de la Cátedra de la Paz, a partir de la aplicabilidad de las competencias ciudadanas para asegurar una aproximación real respecto al sentido que los estudiantes de secundaria encuentren en el aprendizaje de herramientas propias a la convivencia pacífica.

Para el efecto, el enfoque metodológico, siendo inductivo, sujeta la información a una metodología estructurada en la revisión conceptual y teórica y la consulta de fuentes flexibles, de modo que la propuesta responda a una exploración teórica ajustada a la metodología descriptiva, que sitúe el universo editorial consultado bajo el eje angular, que es identificar a los alumnos de secundaria como sujetos políticos y sociales en la resolución de conflictos mediante el manejo y control de sus emociones.

Esta metodología se adecúa a las necesidades de la presente reflexión, en tanto sus lineamientos responden no únicamente a una indagación y recolección de información, si no a un apoyo de tipo instrumental, en cuanto a que el sondeo de la documentación ofrece descriptores suficientes para remarcar el sentido de la revisión bibliográfica y hacerla confluir en bien del objetivo de la investigación.

Puesto que examinar los componentes que intervienen en la aplicación de este currículo dentro del plan institucional de enseñanza, indica la necesidad de formular un aporte para la preparación integral de los estudiantes en esta área, la exploración descriptiva de conceptos y enfoques, orienta la comprensión del objeto de análisis en este método cualitativo y descriptivo que entre sus bondades ofrece una validación directa tanto de las perspectivas de la institucionalidad, los educandos y los educadores en aras de construir las categorías descritas en adelante.



Referentes teóricos

Pilares de la Cátedra de la Paz

Trasladar la enseñanza de la paz a las aulas, en donde mediante el proyecto de Ley 174 de 2014 se obliga a las instituciones educativas (desde preescolar hasta educación superior) a implementar la Cátedra de la Paz, con el fin de “consolidar un espacio para el aprendizaje, la reflexión y el diálogo sobre la cultura de la paz y el desarrollo sostenible” (Proyecto de Ley 174, 2014), ha convocado los esfuerzos pedagógicos a comulgar los procesos teórico-prácticos para así optimizar en los estudiantes sus capacidades de conciliación, interlocución, manejo de ambientes tensos y validación de valores en lo que el Ministerio de Educación Nacional - MEN estima “respetar y solidarizarse con los otros y dirimir situaciones conflictivas de manera pacífica. El aprendizaje de las competencias ciudadanas solo se consolida tras la experiencia repetida y consistente en todos los espacios de interacción”. (MEN, 2015, p. 17)

Por su parte, en la articulación de esta Cátedra con los programas académicos, la construcción de la convivencia pacífica guarda estrecha relación con el ejercicio ético que vela por suministrar currículos que a la vez empoderan las prácticas de bienestar, desarrollo y convivencia, estimulan la moral integral que el MEN ha resuelto en doce aspectos temáticos: justicia y derechos humanos, uso sostenible de los recursos naturales, protección de las riquezas culturales y naturales de la Nación, resolución pacífica de conflictos, prevención del acoso escolar, diversidad y pluralidad, participación política, memoria histórica, dilemas morales, proyectos de impacto social, historia de los acuerdos de paz nacionales e internacionales, proyectos de vida y prevención de riesgos.

Adicionalmente, juega especial papel la interacción que Fradego (2004) subraya esencial en este tipo de enseñanza, donde los educandos conforman el pilar de sujetos políticos y sociales que optimizan la práctica de los derechos humanos en escenarios de paz. También al respecto Fisas (2005) argumenta:

La Cátedra de la Paz se concibe como una forma de responder a las necesidades formativas de los estudiantes en el contexto del posconflicto. Dado su carácter vinculante y obligatorio dentro de la educación de los estudiantes, se concibe como un espacio propio en el que deberán confluir las distintas intenciones formativas propiciando la reflexión, aprendizaje, el diálogo, el pensamiento crítico a partir de la implementación de mediaciones pedagógicas permitiendo que, desde las aulas escolares, se incremente una cultura de paz, basada en los requerimientos científicos de la sociedad

del conocimiento, en el respeto y la exigencia de los derechos humanos, en la práctica de los deberes familiares y ciudadanos, en la disposición para la resolución pacífica, buscando la generación de prácticas y actitudes como la reconciliación y el perdón. (p. 118)

Para Comins (2008), la construcción de la paz también aborda el papel de las escuelas en donde “debe madurarse una serie de herramientas sobre las cuales equilibrar procesos de aprendizaje de comportamientos más que de posturas conceptuales y cúmulo de conocimientos” (p. 131).

En la figura 1 se sintetiza cómo los vectores de paz entre planeadores, ejecutores y receptores puntualizan los papeles inherentes a la enseñanza de los ámbitos de paz.



Figura 1. La Cátedra de la Paz y sus vectores

Fuente: elaboración propia basada en Comins (2008)

Ahora bien, en Brand (2002) se identifican tres referentes que encaminan la paz desde lo educativo y lo pedagógico, toda vez que es aproximando a las bondades de la convivencia y la concordia como la aprehensión de las conductas de equilibrio se empoderan y se afianzan. Por eso, los tres referentes son la metodología, la práctica y la asimilación.

Desde otros ángulos, la Cátedra de la Paz se observa como un ejercicio que a la vez que nutre, proyecta y afianza el conocimiento en manejo de valores y principios que un currículo puede ofrecer, por lo que “en el sector educativo de cualquier gobierno que promueva prácticas democráticas debe contemplarse un programa cuyos currículos activen las capacidades ciudadanas para la paz” (Parra Ortiz, 2003, p. 37).

Tareas como la puesta en marcha de conocimientos y competencias, familiarización con la reconstrucción del tejido social, las experiencias del territorio, la memoria histórica, el contexto económico y social, la cultura y la promoción del bienestar colectivo que cobija derechos y deberes, deben tener un asidero estructural de base para garantizar efectividad en los resultados del proceso educativo en torno a la paz (Arboleda y Hoyos, 2011).

La enseñanza de los derechos humanos

En la pedagogía de la construcción de la formación ciudadana, el eje central de la temática se deriva de dos vértices esenciales: derechos humanos y valores. Según Rubens (2002), las sociedades que no acojan la base de una educación para el desarrollo humano están condenadas a omitir los aspectos fundamentales de la convivencia pacífica y el equilibrio armónico de sus ciudadanos (ONU, 2014, sesión para la Educación).

La escuela humanística encuentra que ya Maslow (1962) advertía sobre cómo la ética, la moral, la dignidad, la libertad y la conciencia del otro debían ser vivencias más que nociones desde la escuela misma. Es así como a los conceptos se suma la dimensión de las técnicas y métodos que forme a los escolares como sujetos en acción mediante talleres de autoreflexión, por lo que Díaz (2016) acentúa su trabajo en este aspecto; de hecho, ubica al ser en las aulas como el propiciador potencial de escenarios futuros para la validación de los derechos humanos.

El proceso de aprender lo que son los derechos humanos no puede ser pasivo, ni basado en el modelo de enseñanza directivo y autoritario. Los derechos de los niños son también los de los alumnos de la clase, y el educando debe ser respetado y se le deben reconocer su dignidad y su libertad. De tal manera, los métodos más apropiados para presentar los derechos humanos colocan al alumno en el centro del proceso educativo y estimulan su pensamiento independiente. En otras palabras, los métodos activos son los apropiados para instruir sobre los derechos de la persona humana. La educación en derechos humanos debe ser conducida a lo largo de tres líneas de énfasis interdependientes: aprendizaje, conocimiento, conceptos, prácticas educativas y proyectos interdisciplinarios más debates sobre valores (Unesco, 2007, p. 153).

En la enseñanza de los derechos humanos, prevalece la pedagogía de los valores y estos desde la escuela primaria hasta la escuela secundaria, remarcan en la dinámica según la cual, la libertad, la igualdad, la fraternidad, la participación, la verdad y la justicia conforman la ruta de trabajo para que “la práctica de los derechos humanos se aprenda por ejemplo en el nivel secundario de modo más propositivo y articular” (Lefort, 2007, p. 117).

Muchos países tienen clases de educación cívica o social. Estas clases deben centrarse en los derechos humanos, la democracia y la paz, que son las características fundamentales de la ciudadanía. Ellas pueden crear el contexto para llevar a cabo

debates sobre los derechos y los valores universales, así como para juzgar las acciones cotidianas de acuerdo al criterio de los derechos humanos. Los conceptos fundamentales de los derechos humanos pueden ser ilustrados y expresados por los niños en su propio lenguaje en el proceso de escribir textos que evoquen los principios básicos de la Declaración Universal de Derechos Humanos y la Convención Internacional de los Derechos del Niño. Los métodos activos también deben tener preferencia en el campo del aprendizaje. Además de la educación cívica, todas las materias que se enseñen pueden contribuir a forjar los conceptos que se requieren para comprender los derechos humanos (Unesco, 2007).

En el nivel de secundaria, los métodos de enseñanza de los derechos humanos comienzan a aflorar en América Latina en los programas educativos, y son un asunto de entera incumbencia de todos los actores sociales que buscan verse representados en la noción de país que cada institución educativa debe promover. Son muchos los esfuerzos que en el imaginario colectivo se ven reflejados para que desde el sector educativo se asuma un papel más contundente respecto al ejercicio de impartir enseñanza de los derechos humanos en aras de obtener un resultado que nutra a la democracia desde las escuelas, de modo que ya al nivel de enseñanza superior se canalicen las nociones, se activen los instrumentos y se optimicen las estrategias (Lefort, 2007, p. 82).

No obstante, los contenidos en esta materia según Santiago y Torrado (2005), no siempre obedecen a un sentido práctico sino netamente conceptual, por lo que urge la aprehensión desde el ejercicio vivencial y lúdico; de hecho, autores como Fradego (2004) y Bonvillani (2008), enfatizan en que es cuestión de estrategias más que de emisión sistemática de conceptos. Coinciden estas conclusiones en demostrar la exigencia de introducir contenidos en que se surta al estudiante de secundaria, de documentación sustentada en la normatividad y las leyes que regulan los derechos humanos en el contexto internacional.

Además de este componente, los educadores hoy asisten a una comprensión mayor de lo que significa el sentido de la enseñanza de los derechos humanos en la comunidad escolar, y la realidad de entender la concepción de estos en la construcción de una sociedad equilibrada y democrática. Además, al incorporar desde la básica primaria la enseñanza de los derechos humanos en las instituciones educativas desde el programa de gobierno, el fortalecimiento de la capacitación amerita la aprehensión de metodologías didácticas en que



los centros educativos sean núcleos de transformación mediante textos, ejercicios, debates y simulación de situaciones álgidas (Magendzo, 1999: p. 141).

Lo anterior, sujeto al Plan de Acción del Decenio trazado por las Naciones Unidas:

Se sientan las bases de una estrategia para promover la educación de los derechos humanos mediante la evaluación de las necesidades y la formulación de estrategias eficaces; la creación y fortalecimiento de programas y capacidad en los planos internacional, regional, nacional y local; la preparación coordinada de material didáctico; el fortalecimiento de la función y la capacidad de los medios de difusión y la difusión mundial de la Declaración Universal de Derechos Humanos (ONU, 2004).

Este lineamiento hace lógico que la Cátedra de la Paz estipulada por el Decreto 1038 de 2015, contenga los doce frentes temáticos ya enunciados, los que enmarcando los derechos humanos cifran la enseñanza integral de la paz.

Componentes de enseñanza

Las iniciativas de enseñanza de los derechos humanos como pilar de la Cátedra de la Paz, incluyen impartir esta como una asignatura que no únicamente atienda al modelo clásico de las aulas, sino que trascienda este escenario natural y lo traslade a escenarios externos afines (Tünnermann, 1999). En ese cometido, los estudiantes se hacen partícipes como actores puntuales que incluso inciden en los círculos extraescolares para forjar sentido de compromiso y edificar la cultura de los derechos humanos, en un contexto que impacte desde el área de humanidades (Magendzo, 1999).

Desde las pautas emanadas por la Unesco, pueden apreciarse dos componentes del orden estructural y del orden articular como en adelante se desglosa.

Del orden estructural

En donde se toma en cuenta el desarrollo, contexto social y cultural del educando con el objeto de que su proceso de aprendizaje adquiera un significado desde lo individual hasta lo universal.

Del orden articular

En donde se toma en cuenta el vínculo individuo-sociedad, para hacer del aprendizaje de los derechos humanos un proceso real y no abstracto, puesto que está ligado a un fin último que es la construcción de escenarios pacíficos, equilibrados y propositivos.

Dadas esas consideraciones planteadas por la Unesco, entra en juego la significancia de las habilidades de cada estudiante, para que los educadores desarrollen estas en bien de la construcción del escenario en referencia, y para esto, el nuevo enfoque de las competencias canaliza la forma y el fondo de la Cátedra de la Paz. En esa dirección, Fradego (2004), sostiene que es la sensibilización de los valores la que surte el efecto esperado “de lo que en un mundo convulsionado, caracterizado por las tensiones interpersonales, sociales, culturales y políticas significa replantearse el valor de la educación en el logro de la paz” (p. 39).

De este modo, en el avance de la presente reflexión, se pasa entonces a examinar el origen, sentido y finalidad de las competencias como instrumentos de desarrollo y crecimiento de la Cátedra de la Paz.

Naturaleza de las competencias

En la construcción de una sana respuesta a los conflictos tanto interpersonales como interinstitucionales, la tarea pedagógica desde los planteles en el nivel secundario, exige nuevas herramientas de enseñanza en un país que como Colombia se encuentra en una etapa de transición a la paz. Así, el manejo de este ejercicio de ser actores que construyan equilibrio y convivencia pacífica, “involucra criticidad frente a la forma como se reclaman los derechos en tanto no se ignoren los deberes” (Tünnermann, 1999, p. 67).

En efecto, derivado de lo anterior conviene entonces acudir al límite que la Ley Kantiana define:

Obra de tal modo que uses la humanidad tanto en tu propia persona como en la persona de cualquier otro, siempre a la vez como un fin nunca simplemente como un medio de modo que tu actuar se convierta en ley universal (Moya, 2003: p. 211).

es para Dobb (2009) una máxima que no debe sustraerse del concepto de respeto a los demás, y menos aún de lo que hoy se entiende como la transformación democrática a partir de la educación. Es válido y pertinente entonces incluir esta reflexión desde la filosofía Kantiana en tanto en el plano de los derechos y deberes se presuponen parámetros del ejercicio, tanto para reconocerlos como empoderarlos, pero no con la suficiencia que este cometido entraña. Así se detiene esta reflexión en lo siguiente:

Respecto a la autodeterminación moral, Kant dice, sin embargo, en sus clases sobre pedagogía y en analogía con la *Fundamentación en torno a la metafísica de las costumbres* y con la *Crítica de la razón práctica*: “mejorarse a sí mismo, cultivarse a sí mismo crear moralidad en sí; eso es lo que debe

hacer el hombre" (1963, p. 13). Este cultivo de sí mismo es llamado repetidamente, tanto en este como en otros textos tardíos de Kant, aunque con excepciones, "formación" (*bildung*) o "formarse" (*sich bilden*) (1963, pp. 124-128). Pese a todas las controversias habidas dentro del contexto de la época clásica de la teoría alemana de la educación que nos ocupa en torno a la interpretación específica del principio de autodeterminación en Kant y, no en último lugar, la discusión de su ética y de la antropología dualista a ella ligada –piénsese, por ejemplo, en las críticas de Herder, Herbart, Schleiermacher o Hegel–, la intención fundamental que aflora en ese complejo de conceptos antes mencionados es un momento ininterrumpido de las teorías clásicas de la educación: que el hombre ha de ser entendido como un ser capaz de libre autodeterminación racional; que se le ha "encomendado" como destino suyo la realización de estas posibilidades, pero de manera que a su vez es él solo quien, en último término, puede darse este destino; finalmente, que la educación constituye a la vez el camino y la expresión de tal capacidad de autodeterminación (Klafki, 1990, p. 109).

En el logro de la convivencia pacífica, hoy se habla de competencias ciudadanas para el entendimiento, concepto que en la escuela filosófica de Francia de la que Foucault (1981) es un máximo exponente, sugiere una nueva dimensión al entender que "la educación no debe continuar ciñéndose por un sistema coercitivo o prohibitivo sino por un conjunto de relaciones de las que todos somos responsables para un equilibrio armónico" (Foucault, 1981, p. 107).

En esa medida, los tropiezos de la convivencia plantean un reto para los sistemas educativos del mundo, y es ahí cuando sociedades como la colombiana que han asumido la construcción de la paz, no pueden ignorar el papel que juegan los estamentos en esta sensibilización y educación para la paz. Así, Chau, Lleras y Velásquez (2004), identifican que es preciso que confluyan en ese proceso de aprendizaje, la enseñanza de las habilidades especiales en aras de empoderarlas como competencias ciudadanas las que "han de aprenderse, desarrollarse y practicarse" (p. 65).

El MEN (2015, p. 61) distingue entre habilidades cognitivas, emocionales y comunicativas que "contribuyen a la construcción de una sociedad democrática, pacífica e incluyente" (p. 32). Es en el conocimiento donde se encuentran los derroteros angulares por los cuales saber de qué se tratan los mecanismos constitucionales que defienden los derechos esenciales, por lo que el Ministerio de Educación

Nacional de Colombia concibe la guía de los estándares nacionales en competencias ciudadanas como un ejercicio de paz competitiva.

Esta tarea es un compromiso para que, en el nivel de educación primaria y secundaria, se sienten las bases de la participación en la edificación de la paz y la convivencia equilibrada, en donde a partir del deber de respetar el derecho del otro, se entienda la importancia del deber del otro en respetar el derecho propio, y así no transgredir las máximas universales del accionar armónico que asume las diferencias sin renunciar a las propias formas de concebir diversas realidades (Reyes, 2000, p. 75).

No obstante, de lo que se trata es que "el ciudadano pueda incidir activamente en tres campos vitales para la convivencia social: la resignificación del sentido de la política, la renovación de criterios de legitimación de lo público y el fortalecimiento de una cultura de la civilidad" (Delgado, 2003, p. 41).

Ahora bien, en esa distinción de las habilidades que Chau, Lleras y Velásquez (2004) remarcan, el nivel cognitivo ubica las iniciativas creativas que fortalezcan respuestas para una solución pacífica a los conflictos entre personas o entre grupos; el nivel emocional alude a la habilidad específica del control de las emociones con miras a la interrelación con los otros, y finalmente, en el nivel comunicativo la habilidad de escuchar y sopesar las ópticas ajenas en contraste con las propias en virtud de una búsqueda de construcción para el hallazgo de puntos de inflexión.

El aprendizaje de las competencias ciudadanas tiene en Infante (2007), si no la primera referencia, sí una de las más reflexivas sobre las posturas de la convivencia en la era de la globalización. En su libro *Un mundo desbocado*, "la autonomía local se ve afectada por las presiones de todas direcciones; política, tecnológica, cultural y por supuesto económica" (Infante 2007, p. 211). "Giddens se pregunta entonces si la globalización se acerca al bien común, o por lo menos lo propicia" (p. 231).

El nuevo precepto mundial encaminado por una voluntad humana colectiva, está emergiendo de una anarquía, casual, incitado por una mixtura de influencias, con un contexto divisionario, de incertidumbre e impotencia a los experimentos del mercado. Donde la señal no es personal si no institucional, por tanto, la globalización es un giro en las propias circunstancias de nuestra vida y exige de cada uno un esfuerzo para construir entendimientos, pero si los espacios educativos no los



propician, los enseñan y los promueven, no puede esperarse menos que sucumbir en la interacción con otros en otros escenarios distintos a la escuela (Infante, 2007).

Para Chau (2012), las escuelas son lugares privilegiados porque, entre otras razones, son pequeñas sociedades en las que los estudiantes pueden poner en práctica las competencias ciudadanas que estén aprendiendo. Por su parte, teóricos de la educación como Klafki (2002), sostienen que la discusión académica, el debate pedagógico y las reflexiones en las aulas, propician la formación ciudadana en tanto el ejercicio de participar, aportar, nutrir y nutrirse recrean la capacidad de escuchar y luego expresar y en la medida en que esta actividad tenga lugar, "se va comprendiendo de qué se trata la democracia".

En Magendzo (1999), la interacción es el requisito o el primer peldaño para el entendimiento de qué es el ejercicio ciudadano:

Aprender las normas, decodificarlas, aprovecharlas en bien colectivo encuentra en la escuela el cimiento pero ese entrenamiento debe ir de la mano de educadores idóneos que hayan pasado por ese proceso de aprehensión en los que las diferencias no son obstáculo sino oportunidad para el equilibrio y la aproximación; la enseñanza de lo que significa el civismo, las normas, los deberes y los derechos favorecen un aprendizaje práctico en que se involucra el conocer el manejo y la expresión de lo asimilado para bien de lo que significa convivir, optimizar y edificar (p. 132).

En Bonvillani (2008), se encuentra que el concepto de Estado democrático no únicamente contiene la formación ciudadana sino la contextualización de los derechos; en esa dirección es una potencia cuando se accede de manera equitativa a los bienes materiales y simbólicos de los que dispone la sociedad.

En la escuela constructivista, la pedagogía prima toda vez que las competencias no son exclusivas de un ámbito en particular, sino que extrapolan núcleos en que tienen lugar prácticas educativas para el entendimiento del desarrollo de habilidades en escenarios simulados que ofrecen opciones de reacción, medición de posturas, evaluación de actitudes y valoración de aptitudes para superar situaciones tensas (Fradego, 2004).

En síntesis, todo estudio que explore los caminos y los retos de la enseñanza en la aprehensión de destrezas y herramientas para mediación de conflictos, logros de

equilibrio y convivencia pacífica, no debe desentenderse de las concepciones teóricas que han antecedido la noción de competencias ciudadanas, pues en estos encuentran el asidero para continuar desarrollando la reflexión, como es el caso de la presente tarea de estudio.

Dimensión del concepto y el manejo emocional

En la construcción del debate actual de la educación como herramienta para el desarrollo, la autonomía del conocimiento, la interacción con otros, la capacidad de proyección y la vocación para crear y proponer iniciativas de desarrollo, son los principales componentes que se exigen en todo programa que desde las instituciones busque impactar a la sociedad. En el pensamiento hegeliano "el sí mismo" y "el otro", ocupan la reflexión sobre la cual futuros teóricos empiezan a conceptualizar los componentes que habrán de dimensionar la educación como herramienta para el desarrollo (Rubens, 2002).

Dadas estas consideraciones, la educación como derecho de la persona es para Schiller (1960), citado por Klafki (2002), un principio que no admite diferencias cualitativas o cuantitativas, por lo que de ahí se derivarían nuevos enfoques a tomar en cuenta en las nuevas políticas de planeación de la educación. Para Tünnermann (1999), los sistemas educativos no pueden desentenderse del ser emocional del educando puesto que este "es un vector que define comportamientos, actitudes, y campos de interés" (p. 58).

Ahora bien, llegar al concepto de competencias ciudadanas que el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2015, párr. 4) en nuestro medio maneja como, "un conjunto de habilidades, cognitivas, emocionales y comunicativas que se deben desarrollar desde pequeños para saber vivir y convivir con los otros, y para saber actuar de manera constructiva en la sociedad", ha requerido por parte del gobierno colombiano, dilucidar no únicamente el concepto global plasmado por las Naciones Unidas en los Objetivos del Milenio, sino ensamblar las exigencias que en un país como Colombia es preciso contemplar al momento de ajustar y evaluar el sentido de las competencias ciudadanas en el desarrollo individual y colectivo.

En consecuencia, la dimensión del concepto no desestima a la educación como herramienta en tanto como se describe más adelante, se advierte la importancia de tres facultades a desarrollar por el nuevo enfoque educativo: autodeterminación, gestión y solidaridad (Barba, 2000).

La educación optimiza la discusión crítica y el análisis de una contextura, a ponderar de nuevo, de lo general como de algo que nos afecta a todos; como educación de todas las dimensiones de la facultad

del hombre que hoy podemos reconocer como humanas. Precisamente en nuestros días y frente a los crecientes intentos de despolitización, la educación general ha de ser entendida también como educación política hacia la conformación activa de un proceso de democratización que hemos de seguir empujando hacia adelante (Klafki, 1990, p. 111).

Para Reyes (2000), en la dimensión del concepto de competencias ciudadanas, entran a cobrar especial importancia el aspecto emocional y el interés por el conocimiento y la vivencia de los valores como el respeto, el reconocimiento del otro, la autoestima, la tolerancia, el compañerismo, entre un múltiple universo de valores que deben afianzarse en cualquier programa que el organismo regulador de la educación de cualquier sociedad que cimiente su gestión sobre las prácticas democráticas, se proponga dilucidar.

Al tomar en cuenta las aristas trazadas para el nuevo milenio por la comunidad internacional, el MEN inserta a Colombia en el enfoque que Escudero (1999) identifica como formación integral en aras de obviar errores del enfoque tradicional:

La falta de calidad se utilizó como argumento para levantar el acta de defunción de un modelo de escuela y de educación calificado como caduco y disfuncional para los imperativos de la era de la información, y también para insistir en la necesidad urgente de adoptar sistemas de gestión de calidad total, que son los modelos de gestión que imperan en el mundo de la competitividad. (Escudero, 1999, p. 123)

Siendo consciente de esta nueva exigencia, Colombia advierte cómo su sistema educativo precisa estar inmerso en una transformación con miras al logro de calidad, acompañado de un estímulo al conocimiento y aprendizaje de competencias al interior de las aulas (Chaux, Lleras y Velásquez, 2004).

En Arguelles (2002), las tensiones pueden tener salida en tanto quienes intervengan en reducirlas estén dotados de capacidades de interlocución, donde el manejo de lo emocional sea el factor determinante para superarlas.

Es un hecho que desde la formación escolar, los maestros constantemente se enfrentan a situaciones en que el grado de emotividad se sujeta a un constante manejo de las actitudes en las que es preciso acudir a las habilidades y al potencial de conciliación en las aulas como un factor determinante para la construcción de espacios afables. Ocurre igual cuando en la sociedad se proyecta este tipo de capacidades en aras de equilibrar ambientes de conflicto; de manera que formar facilitadores puede ser posible una vez que se reconozca el valor del control de las emociones para edificación de contextos de convivencia pacífica (Arguelles, 2012, p. 61).

Chaparro (2009) distingue entre las habilidades y competencias de desarrollo colectivo cuando “en razón de la construcción de la paz, se apuesta por el menor daño posible y entran a jugar factores psicosociales en los que es preciso asumir el control emocional como una pieza fundamental para este propósito” (p. 19).

Para que el control emocional entre a jugar un papel preponderante al momento de activar las competencias en el aula, en opinión de Lederach (2007), las habilidades emocionales traducidas en empatía, conexión emocional, motivación, estructura valórica, autoconfianza, deben canalizarse desde esa escolaridad que posteriormente adquiere dimensión al momento de dirimir conflictos en espacios externos al aula. Esto es lo que Arguelles (2002) diagnostica como “fuentes de resiliencia”, con las cuales se activa el control emocional para la solución de conflictos.

Una Cátedra de la Paz concebida independiente de la conducta emocional de los educandos corre el peligro de diluirse, puesto que es esa área justamente la que debe explorarse para emanar de ahí lo mejor de las competencias, dado que estas obedecen a la exigencia de desarrollar las habilidades para adaptación a escenarios tanto previsibles como no probados (Chaparro, 2009).

Lo afectivo en la dimensión del concepto de las competencias, es lo que para Díaz (2016) se erige como el principio y el fin del éxito del nuevo enfoque educativo: “ningún estudiante ha de acceder a los espacios de participación ciudadana, en tanto desde el proceso de enseñanza no se le permita confrontar el valor de sus actitudes y aptitudes para la convivencia” (p. 59).



La figura 2 expresa una muestra de competencias propias para la aprehensión de los componentes de la paz.

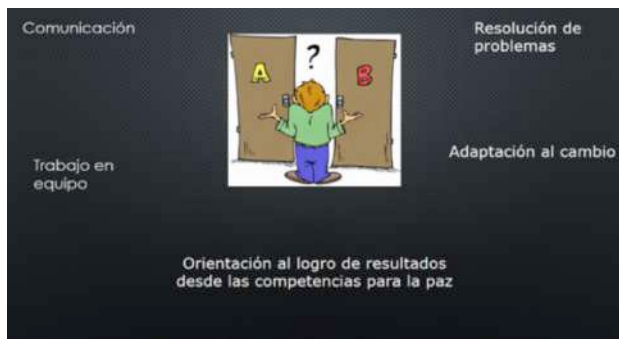


Figura 2. Habilidades para desarrollo desde el aula.

Fuente: Díaz, 2016

Descripción del proceso

En la exploración del nuevo enfoque de desarrollo de competencias, se remarca en la exigencia que la Unesco plantea frente a la educación para el siglo XXI respecto al planteamiento de políticas públicas que prioricen en aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir, y aprender a ser (Comisión Internacional sobre la Educación, 1999).

Es así como el MEN ha contemplado que la competencia, entendida como “saber hacer en contexto”, debe ser un referente para que en la promoción del talento humano desde las aulas, los ámbitos del desempeño solidario, edificante, creativo, de iniciativa y desarrollo se consoliden como pilar de paz (Alvarado, Ospina, Luna y Camargo, 2011).

De lo anterior se deriva un espectro de impacto en la forma de asumir la educación del futuro en escenarios de paz. Cuando el MEN (2011) define la competencia como, “el conjunto de conocimientos, actitudes, disposiciones y habilidades (cognitivas, socioafectivas y comunicativas),

relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores que implica conocer, ser y saber hacer”, (párr. 1), ubica a la educación en un nivel creativo y en un quehacer dinámico y en constante evolución.

El enfoque de competencias de la política educativa colombiana parte de la idea de que el propósito de los procesos educativos en todo sistema es el desarrollo de un conjunto de competencias, cuya complejidad y especialización aumentan en tanto se alcanzan mayores niveles de educación. El fomento de las competencias básicas y ciudadanas es la principal finalidad del quehacer educativo, pues estas son la base sobre la cual se construyen los aprendizajes y se constituyen en el núcleo común de los currículos en todos los niveles.

De la mirada anterior se puede evidenciar la importancia de la enseñanza-aprendizaje de las competencias ciudadanas, los derechos humanos y la Cátedra de la Paz, para formar estudiantes como sujeto político-social en cualquier contexto.

La propuesta es articular elementos teóricos y visualizarlos en las diferentes prácticas docentes, en la enseñanza-aprendizaje de los derechos humanos y la Cátedra para la Paz. En escenarios donde los estudiantes relacionen y visibilicen realidades y problemáticas en los diferentes ambientes escolares, haciendo uso de los recursos, tecnológicos, prensa, entrevistas, radio, estudio de caso y otros que sirvan de argumento para resolver problemas de lo político, social, económico y cultural, (control de las emociones, conflicto escolar, comunicación, pluralidad y diferencia), que permita al estudiante formarse como un ciudadano competente socialmente, en los diferentes entornos (familia, barrio, colegio, ciudad y otros espacios).

En la figura 3 se resume de algún modo la propuesta.

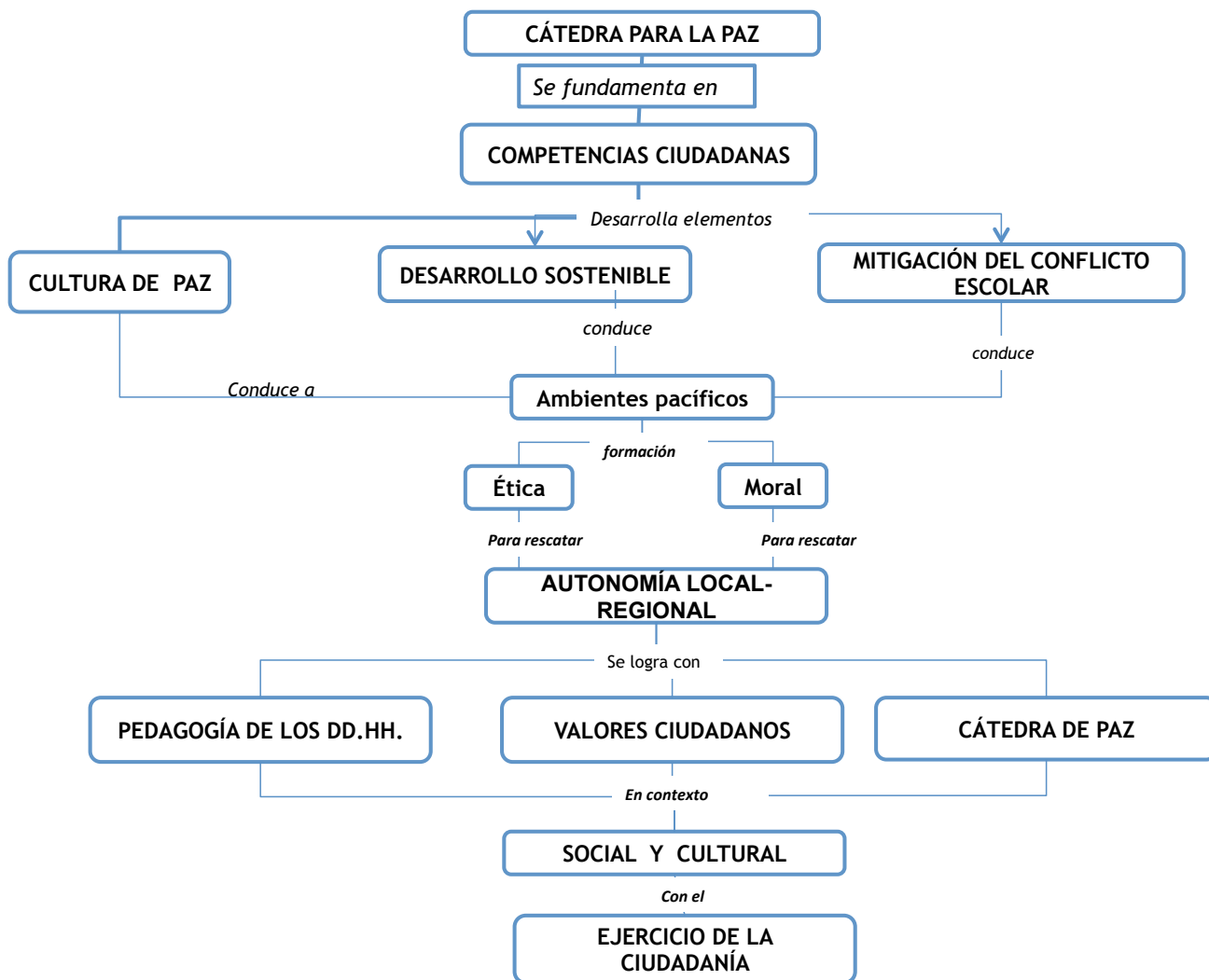


Figura 3. Catedrá para la Paz

Fuente: elaboración propia con base en el Universo Bibliográfico



Las estrategias

Fundamento de una estrategia de enseñanza: qué, cómo y para qué

La enseñanza de la Cátedra de la Paz está permeada por varios aspectos de tipo social, histórico y cultural, como se describió en el apartado de los referentes. No obstante, es una necesidad inminente dentro de la formación de ciuda-

danos políticos y sociales que permitan interpretar las situaciones cotidianas de una manera diferente y consolidar la vivencia y la construcción del concepto de paz.

En la figura 4 se observa cómo estas tres variables confluyen para la construcción de los escenarios de aprendizaje en la enseñanza de la Cátedra de la Paz y los derechos humanos.

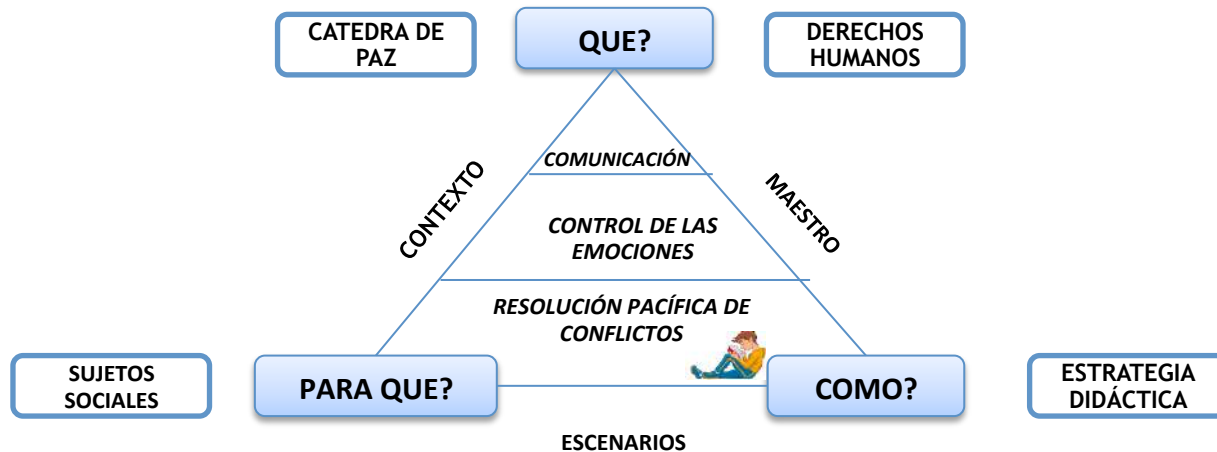


Figura 4. Habilidades para desarrollo desde el aula
Fuente: elaboración propia con base en Universo Bibliográfico

Frente al qué

Con relación al *qué* enseñar en la Cátedra de la Paz y los derechos humanos, es necesario precisar desde los planteamientos de Bruner (2008), qué son los conceptos y cómo se enseñan. En primer lugar, los conceptos son definidos desde los atributos; es decir de todas aquellas características relevantes que permiten dar una mejor comprensión del concepto. En la propuesta que se plantea se trazará la estrategia didáctica tendiente a puntualizar en los atributos definitorios del concepto de paz y derechos humanos.

Frente al cómo

La estrategia didáctica se fundamenta en la construcción de una ruta didáctica que consta de los siguientes momentos:

- **Contextualización.** Momento en el cual el estudiante en una situación específica relaciona los conceptos propios de la Cátedra de la Paz y derechos humanos; hace visible los saberes en un contexto determinado, para que el aprendizaje atienda las necesidades de la comunidad.

- **Información.** Corresponde al proceso de fundamentación teórica y la organización conceptual en la presentación de la clase como tal.
- **Comunicación.** Momento en el cual se comparten saberes entre los estudiantes y se logra construir o reconceptualizar algunos aspectos en específicos.
- **Significado.** Relacionar y aplicar los conocimientos en un contexto social, que pueda desempeñar roles en la construcción de nuevo conocimiento, el controlar sus emisiones cuando actúen en grupo y tenga que realizar roles de pensamiento dialógico, al dar su punto de vista en la solución de un problema local, regional y global.

La figura 5 resume los planteamientos anteriores de la forma de proceder en el aula para la enseñanza de la Cátedra de la Paz y los derechos humanos de una forma colaborativa y cooperativa.

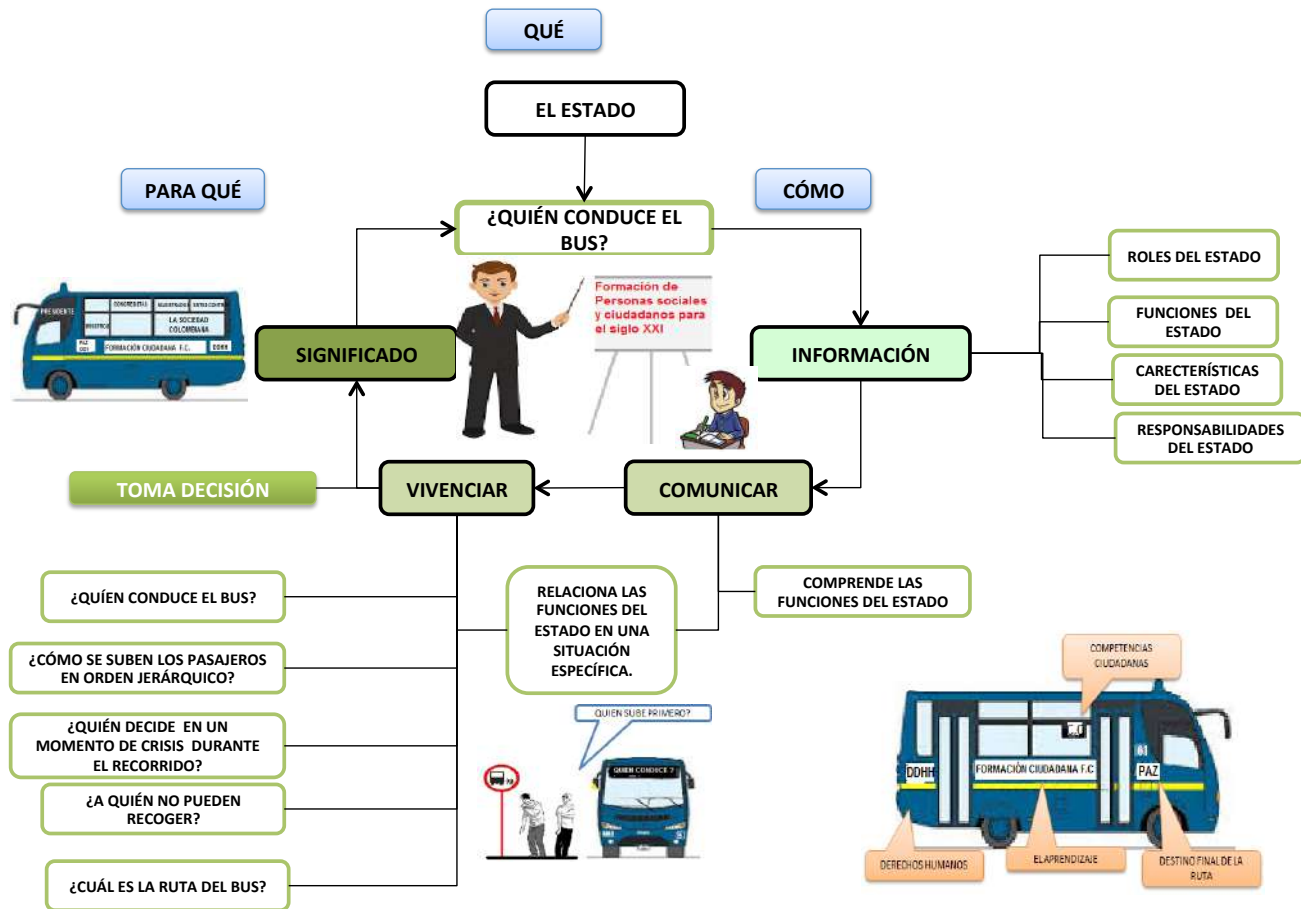


Figura 6. Puesta en escena de la propuesta

Fuente: Adaptación de las imágenes de http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_urban

Pasos de la propuesta

Crear el escenario en un ambiente de aprendizaje creativo y colaborativo.

El Estado es el tema central que lleva a los estudiantes a inferir los componentes de este, sus funciones y responsabilidades, teorías a través del escenario ¿quién conduce el bus?, un escenario que le permite a los maestros generar espacios creativos, agradables y sobre todo socializantes, donde el estudiante aprende desde el hacer para relacionarlo con el saber y saber vivir en contexto.

El qué: Estado.

Escenario: ¿Quién conduce el bus?

Es el escenario de aprendizaje donde los estudiantes interactúan en roles para llegar a la construcción del pensamiento crítico y comprensivo del concepto de Estado.

El cómo: (Comunicación, vivencia y el significado).

Son los procesos en la adquisición de la información, las funciones, responsabilidades en los diferentes roles que asumen los estudiantes para hacer visible las formas de comunicación, comprensión y análisis de las situaciones problema, según el tema a resolver en el escenario de aprendizaje. 1) ¿Quién conduce el bus? El presidente de la República de Colombia, pero los demás actores del Estado Social de Derecho intervienen en cada papel que caracteriza su desempeño en las instancias; 2) ¿Qué objetivo tiene el escenario? Formar ciudadanos políticamente; 3) ¿Para qué? Para que relacionen las responsabilidades del presidente según la información teórica y práctica recogida por los estudiantes; 4) ¿Qué características tiene la sociedad colombiana? La propuesta debe ser planteada a través de preguntas potenciadoras para llevar al estudiante a reconstruir el conocimiento, a que identifique formas de comportamiento de cada uno de los actores que se sugieren en el escenario.

La figura 7 identifica los diferentes saberes que deben lograr los estudiantes en el escenario.



Figura 7. Logros y competencias que alcanzar
Fuente: Imagen adaptada de http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_urban con Base en Universo Bibliográfico

Las figuras 7 y 8 representan los logros y competencias que los estudiantes deben alcanzar para comprender la estructura del Estado, cuál es la función del presidente como ciudadano, relacionar los derechos que llevan a la formación de un Estado Social de Derecho, en este nivel de la propuesta cualquier estudiante debe estar en la capacidad de identificar el pensamiento social, sistémico, reflexivo y el análisis de perspectiva (competencias de las Ciencias Sociales). Para llegar a ser un ciudadano respetuoso de los derechos humanos, conocedor de las reglas y normas constitucionales, un sujeto capaz de comprender que la resolución de los conflictos siempre será más eficiente por vías pacíficas.



Figura 8. Logros y competencias que alcanzar
Fuente: Adaptación de http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_urban con base en Universo Bibliográfico

Ampliación del bus

¿Quién conduce? ¿Quién se sube primero? En este momento de la propuesta se identifica la capacidad de los estudiantes de asumir sus roles, en beneficio de la reconstrucción de una sociedad justa, equilibrada equitativa, el subirse de primeras al bus es comprender el rol de liderazgo, compromiso y responsabilidad social en la formación ciudadana.

Quien acompaña al conductor asume de igual manera roles de liderazgo (ministros) en los procesos de autoridad, trabajo social, resolución pacífica de conflictos.

Quien asume el rol de negociador permite que los ciudadanos desarrollen habilidades comunicativas sociales, y que participen en la construcción de una sociedad donde reine el respeto por las instituciones, por los grupos diferentes, la ética y la moral, la democracia y la memoria de los antepasados.

La figura 9 representa el nivel donde el estudiante relaciona en cualquier situación puesta en escena la importancia de los derechos humanos, qué competencias ciudadanas son relevantes en el escenario propuesto; en su aprendizaje deben quedar claro conceptos, procesos y debe ser capaz de hacer un análisis de perspectiva. El destino de la ruta lo debe comprender y relacionar con actos de otros escenarios.



Figura 9. Visión del escenario
Fuente: Adaptación de http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_urban con base en Universo Bibliográfico

Conclusiones

La enseñanza aprendizaje de la Cátedra de la Paz y los derechos humanos en Colombia se enseña de una manera desarticulada, cumple con unos requerimientos de ley, pero en el ejercicio del aula se pierde el objetivo mismo del Ministerio de Educación: formar en ciudadanía.

La enseñanza de los derechos humanos y Cátedra de la Paz plantea una propuesta articulada, donde el *qué*, el *cómo* y el *para qué* a través de escenarios de aprendizaje, dan vida a los procesos cognitivos y las competencias ciudadanas; permite situar a los estudiantes en escenas reales, donde estos son actores activos en cada uno de los procesos, como aprender a comunicarse, a dialogar, a argumentar, a procesar información y a analizar casos de la vida real para solucionar problemas de una forma pacífica.

El escenario de aprendizaje propuesto hace que los estudiantes aprendan significativamente a largo plazo, asuman roles de la vida real, pero a su vez reconozcan que el lenguaje es la forma de comunicarse en el respeto por los derechos humanos y en el control de sus emociones. Por su parte, la enseñanza por escenarios convierte al maestro en un guiador de conocimiento, un líder en competencias



ciudadanas en el manejo de las emociones en los diferentes roles que asume el estudiante.

Adicionalmente, la autoevaluación cobra gran importancia en los escenarios de aprendizaje, porque lleva al estudiante a que autoevalúe sus propios procesos, para ser un sujeto político-social en cualquier contexto.

Para finalizar, las competencias ciudadanas, la Cátedra de la Paz y la formación en derechos humanos articulados y su enseñanza aprendizaje logran que las aulas se conviertan en espacios creativos en escenarios verdaderos de construcción de conocimientos. En ambientes para la construcción de pensamiento social y ser sujetos capaces de resolver conflictos pacíficamente.

El escenario es un espacio socializante, creativo con ambientes pacíficos, donde la autoridad del maestro y estudiantes es por el conocimiento y la construcción de una paz sostenible y duradera. Con seguridad esta propuesta puesta en escena en las diferentes instituciones educativas del país contribuye a la construcción de tejido social y a la formación de ciudadanos competentes en resolución de conflictos. Adicionalmente, el manejo de las emociones opera de manera transversal en tanto este control indaga, orienta, redirige y empodera la carta de valores en el contexto de la convivencia pacífica.

Referencias

- Alvarado, S. V., Ospina, H. F., Luna, M. T., y Camargo, M. (2011). Transformación de actitudes frente a la equidad en niños y niñas de sectores de alta conflictividad social, en un proceso de socialización política y educación para la paz. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 4(1), 1-28.
- Arboleda, J., y Hoyos, P. (2011). Construir paz desde la escuela, reflexiones sobre una intervención. *Revista Poiésis*, 10(20), 1-15.
- Arguelles, V. (2002). *El control emocional en la solución de conflictos*. Madrid: Iberoamericana.
- Barba, B. (2000). Derechos humanos, educación y ciudadanía. *Gaceta*, 19(7), 14-17. Jalisco: Comisión Estatal de Derechos Humanos.
- Brand, K. F. (2002). *La paz: el objetivo y el camino a seguir*. Bucarest: Transcend.
- Bonvillani, A. (2008). Construcción de ciudadanía "Desde abajo": posibilidades y límites en la experiencia de un grupo de jóvenes pobres. *Revista Pensares*, (5). Córdoba: ClFyH.
- Bruner, J. S. (2008). Culture and Mind: Their Fruitful Incommensurability, *Ethos*, 36, 29-45.
- Comins, I. (2008). *La ética del cuidado y la construcción de la paz*. Madrid: Icaria.
- Comisión Internacional sobre la Educación (1999). Conferencia sobre educación y desarrollo. Barcelona
- Chaparro, R. (2009). *Actuar sin daño y construir paz, apuntes desde una propuesta psicosocial. Encuentro internacional: retos y propuestas sobre acción sin daño y construcción de paz en Colombia*. Bogotá: Casa de Encuentros San Pedro Clavel.
- Chaux, E. (2012). Contribución de la educación a la construcción de paz. En A. Rettberg (Comp.). *Construcción de paz en Colombia*, (pp. 493-512). Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Chaux, E., Lleras, J., y Velásquez, A. M. (2004). *Competencias ciudadanas: de los estándares al aula*. Bogotá: Uniandes, Ministerio de Educación.
- Delgado Mahecha, O (2003). Debates sobre el espacio en geografía. Bogotá: Unibiblos, ed.
- Díaz, P. J. (2016). *Hacia una nueva escuela*. Madrid: Editorial Círculo Rojo.
- Dobb, M. (2009). *Argumentos sobre el socialismo*. Madrid: Editorial Ciencia Nueva.
- Escudero, J. M. (1999). La calidad de la educación: grandes lemas y serios interrogantes. *Acción Pedagógica*, 8(2), 4-29.
- Fisas, V. (2005). *Modelos de procesos de paz*. Barcelona: Escola de Cultura de Pau, UAB.
- Foucault, M. (1981). Poder y saber. *Espacios de poder*. Madrid: La Piqueta.
- Fradeo, P. (2004). *La experiencia de la vida escolar: escenarios y sujetos en acción*. Madrid: Vergara.
- Infante, J. (2007). Anthony Giddens. Una interpretación de la globalización. *Trayectorias*, IX (23), 55-66.
- Infante, J. (1991). Sobre la relación entre didáctica y metódica. *Revista Educación y Pedagogía*, 2(5), 85-108.
- Klafki, W. (2002). La importancia de las teorías clásicas de la educación para una concepción de la educación general hoy. *Revista de Educación*, 3, 105-121.
- Lederach, P. (2007). *Construyendo la paz: reconciliación sostenible en sociedades divididas*. Bogotá: Editorial Códice.
- Lefort, C. (2007). "Derechos del hombre y política". Apuntes Filosóficos, 16(30), s/p. Recuperado de (consultado el 12 de diciembre de 2017).
- Magendzo, A. (1999). Los derechos humanos: un objetivo transversal del currículum. *Estudios básicos de derechos humanos*, (9), 225-250
- Maslow, A. (1962). *El hombre autorrealizado: hacia una psicología del ser*. Barcelona: Editorial Kairós
- Ministerio de Educación Nacional (2011). Glosario Educativo. Recuperado de <http://aprende.colombiaaprende.edu.co/es/node/87568>

- Ministerio de Educación Nacional (2015a). Decreto 1038 por el cual se reglamenta la Cátedra de la Paz. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional.
- Moya, E. (2003). *¿Naturalizar a Kant? Criticismo y modularidad de la mente*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- ONU. (2004). *La enseñanza de los derechos humanos, actividades prácticas para escuelas primarias y secundarias*.
- Parra Ortiz, J. M. (2003). La Educación en valores y su práctica en el aula. *Tendencias Pedagógicas*, (8), 69-88.
- Reyes, M. A. (2000). *Educación para la paz. Seminario Internacional Educación para la Paz en el Contexto Rural*. Costa Rica: Memoria, Heredia. Universidad Nacional.
- Rubens, W. (2002). *El proceso lúdico de formar en valores*. Buenos Aires: Grijalbo.
- Santiago, V., y Torrado, E. (2005). *Los procesos sociales en el aula*. México: Uthea.
- Schiller, F. (1960). *Briefe über die ästhetische Erziehung des Menschen*. Bad Heilbrunn: A. Reble.
- Tünnermann, C. (1999). Educación en derechos humanos en los sistemas educativos. *Estudios básicos de derechos humanos*, (9), 114-157.
- Unesco (2007). Situación Educativa de América Latina y el Caribe: Garantizando la Educación de Calidad para Todos. Informe Regional de Revisión y Evaluación del Progreso de América Latina y el Caribe hacia la Educación para Todos en el marco del Proyecto Regional de Educación (EPT/PRELAC). Versión preliminar. OREALC/UNESCO. Santiago, Chile. UNESCO/IIPE (2006).

Referencias jurídicas

- Congreso de Colombia. (1 septiembre de 2014). Por la cual se establece la Cátedra de la Paz en todas las Instituciones Educativas del país. [Ley 1732 de 2014/decreto 1038 de 2015]. DO: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/LEY%201732%20DEL%2001%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202014.pdf>
- Constitución Política de Colombia [Const.]. (1991). Artículo 95. [Título II]. 2da Ed. Legis. Recuperado de <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>
- Sesión Plenaria del Senado Colombia. (7 de mayo de 2014). Por la cual se establece la cátedra de la paz en todas las instituciones educativas del país. [Proyecto de Ley 174 de 2014]. DO: <http://leyes.senado.gov.co/proyectos/index.php/textos-radicados-senado/proyectos-de-ley-2013-2014/209-proyecto-de-ley-174-de-2014>



Reseña
Review
Reseña



LIBRO: METEOROLOGÍA APLICADA A LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES AÉREAS¹

BOOK: METEOROLOGY APPLIED TO AIR OPERATIONS SAFETY²

LIVRO: METEOROLOGIA APLICADA À SEGURANÇA DAS OPERAÇÕES AÉREAS³

Cristian Camilo Bautista León⁴
Fuerza Aérea Colombiana. Bogotá, Colombia

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-9468 / Volumen 13/ Número 1/ Enero-Junio de 2018/ Colombia/ Pp. 142-143



Para citar este artículo:

Bautista León, C. C. (2018). Reseña. Libro Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 142-143.

¹ Colección Ciencia y Poder Aéreo. Volumen 12.

Título: *Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas*

Autor: Cáceres León, Richard Humberto

ISBN: 978-958-59961-1-3

E-ISBN: 978-958-59961-0-6

Ciudad: Bogotá

Páginas: 234

Año: 2017

Sitio Web: <https://libros.publicacionesfac.com/index.php/libros/catalog/book/22>

² Air Science and Power Collection. Volume 12

Title: *Meteorology Applied to Air Operations Safety*

Author: Cáceres León, Richard Humberto

ISBN: 978-958-59961-1-3

E-ISBN: 978-958-59961-0-6

City: Bogotá

Pages: 234

Year: 2017

Webside: <https://libros.publicacionesfac.com/index.php/libros/catalog/book/22>

³ Coleção Ciência e Poder Aéreo. Volume 12

Título: *Meteorologia aplicada à segurança das operações aéreas*

Autor: Cáceres León, Richard Humberto

ISBN: 978-958-59961-1-3

E-ISBN: 978-958-59961-0-6

Cidade: Bogotá

Páginas: 234

Ano: 2017

Sitio Web: <https://libros.publicacionesfac.com/index.php/libros/catalog/book/22>

⁴ Técnico Segundo. Especialista en Pronóstico Meteorológico. Técnico Meteorólogo Intermedio OACI-OMM. Tecnólogo en Comunicaciones Aeronáuticas. Estudiante Profesional en Gestión de la Seguridad y la Salud Laboral del Politécnico Grancolombiano. Inspector Meteorología Aeronáutica de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: cristian.bautista@fac.mil.co



La meteorología es la disciplina que estudia todos los fenómenos atmosféricos; así mismo, comprende el entendimiento del tiempo y el análisis físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre y sus propiedades. Por su parte, la climatología es la ciencia que estudia los conjuntos fluctuantes de las condiciones atmosféricas, lo cual permite entender los aspectos representativos de un área geográfica determinada, a través del promedio de los elementos y las variables meteorológicas (precipitación, temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, etc.) considerando un largo periodo de tiempo.

El estudio de estas dos ciencias (meteorología y climatología) genera una herramienta poderosa, decisiva y útil en la planeación y el desarrollo de las operaciones propias de la Fuerza Pública y la Aviación de Estado. El desarrollo de la meteorología en la Fuerza Aérea Colombiana ha sido una respuesta a las necesidades operacionales que a diario enfrentan las tripulaciones, enfocándose en el proceso seguro, eficaz y eficiente de las diferentes misiones aéreas en cumplimiento de nuestra Constitución Nacional.

El libro *Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas* del señor Mayor Richard Cáceres León, constituye una valiosa y significativa obra que de una manera sencilla, gráfica y muy bien ilustrada, explica conceptos claves de la meteorología aeronáutica, con lo cual el lector se puede apropiarse de cada concepto y de esta manera adquirir un conocimiento amplio en las diferentes ramas de esta ciencia.

Este texto se describe como un trabajo de referencia para estudiantes y conocedores del tema, es el resultado de un esfuerzo conceptual que de una forma muy clara, completa y minuciosa introduce contenidos relevantes de la meteorología, y su aplicación a la seguridad de las diferentes misiones y operaciones aéreas que a diario realizan las diferentes instituciones que componen la aviación de Estado.



1285

SPARTAN

C-27J
Spartan



Instrucciones para autores

La revista Ciencia y Poder Aéreo, considera artículos de investigación e innovación. Dentro de los cuales se encuentran: artículo de científico original, artículo de revisión, artículo de reflexión, artículo corto y reporte de caso, en idioma español, inglés y portugués. Acorde con la clasificación hecha por Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación) se definen así:

a. Artículo científico original. Documento completo que presenta de manera detallada los resultados originales derivados de proyectos de investigación y/o desarrollo tecnológico finalizados.

b. Artículo de reflexión. Documento original que presenta resultados de investigación, desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre una temática específica, recurriendo a fuentes originales.

c. Artículo de revisión. Documento resultado de una investigación donde se organiza, analiza, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas sobre un campo en ciencia y 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.

d. Artículo corto. Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica que requieren pronta difusión.

e. 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. Puede incluir una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.

La revista Ciencia y Poder Aéreo admite la presentación de artículos cuyas áreas temáticas coincidan con los que se describen a continuación:

- Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica.
- Gestión y Estrategia.
- Tecnología e Innovación.
- Docencia y Educación y TIC

Busca que los temas referidos estén en lo posible relacionados con el sector aeroespacial y afines.

Normas generales

Todo artículo debe:

- Hacer referencia al campo propio de la revista.
- Ser un documento o artículo original, no publicado previamente y no considerado en otra revista.
- Estar científicamente documentado, presentar coherencia y gozar de unidad interna.
- Indicar el tipo de artículo. Sí corresponde a un artículo científico original, de reflexión derivado de investigación; de revisión; artículo corto o reporte de caso, indicar el proyecto de investigación, registro (en caso de contar con este) y/o datos relacionados con el trabajo a presentar.
- Indicar la filial institucional del autor (es), perfil profesional y datos de contacto.
- Cada propuesta de artículo se somete a la evaluación de pares, cuyo concepto es importante para la decisión de su publicación.

Requisitos del texto

- Los artículos deberán tener una extensión de 15.000 a 90.000 caracteres con espacio (entre 10 a 30 páginas aproximadamente incluyendo las referencias) tamaño carta (21,5 x 25 cm) Myriad Pro o Times New Roman, espacio 1,5. Márgenes 2.54 cm.
- Figuras, tablas y ecuaciones deben estar enumeradas de manera consecutiva y citados dentro del texto, siguiendo las normas APA 6ta edición, tamaño 10.
- Siglas: se citará la primera vez el nombre completo y entre paréntesis la sigla. Posteriormente, sólo se destacará la sigla sin paréntesis.
- Citación y referencias: el sistema de citación y lista de referencias se debe realizar con base en las normas APA 6ta edición.
- Las notas al pie de página se utilizarán sólo para aportes sustantivos al texto.

Estructura para los tipos de artículos literal a. b. c. d.

Título: en español, portugués e inglés. Como nota al pie, indicar el tipo de artículo, información referente a la investigación y demás datos relacionados – grupo de investigación, registro de proyecto, entidad financiadora u otra información que se considere.

Resumen: en español, portugués e inglés entre 150 - 200 palabras máximo; considerar los tipos de resúmenes: *Analítico – sintético: donde incluya un comentario crítico del autor sobre el contenido del artículo presentado, además se indica la profundidad y extensión del trabajo, considerando objetivo, metodología, resultados y conclusiones. *Analítico: texto informativo que presenta de manera breve y explícita todos los aspectos significativos y relevantes del artículo, mediante una relación lógica y lineal de los temas tratados; incluye resultados. **Palabras clave, Palavras-chave y Key Words:** de 3 a 6 en orden alfabético (tener en cuenta las palabras temáticas que proporcionan los tesauros), separadas por punto y coma (;). **Introducción** (hacer mención al problema de investigación). **Método. Resultados. Discusión y/o análisis. Conclusiones, Recomendaciones y/o Agradecimientos** (opcional). **Referencias** en orden alfabético – siguiendo las normas APA 6ta edición.

Fichero aparte: incluir datos del autor(es) incluir nombres, apellidos, breve currículo, filial institucional, dirección electrónica y postal (dirección lugar de trabajo y/o de correspondencia), números telefónicos de contacto y adscripción académica o profesional.

Estructura para el tipo de artículos del literal e.

Título: en español, portugués e inglés. Como nota al pie, indicar el tipo de artículo, información referente sobre este.

Resumen: en español, portugués e inglés, entre 150-200 palabras máximo. Tener en cuenta los tipos de resúmenes: *Analítico – sintético: donde incluya un comentario crítico del autor sobre el contenido del artículo presentado, además se indica la profundidad y extensión del trabajo, considerando objetivo, metodología, resultados y conclusiones. *Analítico: texto informativo que presenta de manera breve y explícita todos los aspectos significativos y relevantes del artículo, mediante una relación lógica y lineal de los temas tratados; incluye resultados. **Palabras clave, Palavras-chave y Key Words:** de 3 a 6 en orden alfabético (tener en cuenta las palabras temáticas que proporcionan los tesauros), separadas por punto y coma (;). **Introducción. Cuerpo del artículo:** presentación del caso, resultados, discusión y análisis. **Conclusiones, Recomendaciones y/o Agradecimientos** (opcional). **Referencias** en orden alfabético - normas APA 6ta edición.

Fichero aparte: incluir datos del autor(es) incluir nombres, apellidos, breve currículo, filial institucional, dirección electrónica y postal (dirección



lugar de trabajo y/o de correspondencia), números telefónicos de contacto y adscripción académica o profesional.

Preparación de envíos

Los autores pueden enviar sus originales una vez se hayan registrado en la revista. Como parte del proceso de envíos, los autores/as están comprometidos a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

1. El trabajo enviado no ha sido publicado previamente ni se ha enviado simultáneamente a otra revista.
2. El manuscrito está en formato Microsoft Word, Open Office o RTF. (Forma de fichero electrónico.doc,.rtf,.odt)
3. El trabajo enviado debe estar entre de 15.000 a 90.000 caracteres con espacio (entre 10 a 30 páginas aproximadamente incluyendo las referencias).
4. Se han seguido los requisitos de estilo y las pautas de las Instrucciones para Autores en la presentación del trabajo.
5. Se han presentado las referencias bibliográficas en orden alfabético siguiendo los lineamientos de las normas APA 6ta edición, según se ha publicado en el Publication Manual of the American Psychological Association.
6. El texto tiene interlineado 1,5. El tamaño de fuente es de 12 puntos.
7. Todas las figuras y tablas se han situado en la posición correspondiente y no al final del texto. Todas las figuras (gráficos, imágenes, fotografías) y tablas deben ser enviadas por separado en formato. jpg y/o.xlsx (en documento original) que permitan ser editables para efectos de diseño.
8. El trabajo enviado ha sido preparado para la revisión ciega por pares, es decir, se han eliminado las referencias y los nombres de los autores de todas las partes del artículo y se han sustituido por la palabra «Autor» (propiedades del documento incluidas).
9. Se han adjuntado los datos del autor en un fichero aparte con nombre, apellidos, breve currículo, filial institucional, dirección electrónica y postal (dirección lugar de trabajo y/o de correspondencia), números telefónicos de contacto y adscripción académica o profesional.
10. Cesión de derechos de propiedad intelectual.

Se ha diligenciado y firmado la **carta de presentación de artículo**, la cual declara que soy (somos) el autor (es) original de la obra. (En dicho documento se incluye aspectos referidos a la licencia de uso). El equipo editorial queda, por lo tanto, exonerados de cualquier obligación o responsabilidad por cualquier acción legal que pueda suscitarse derivada de la obra depositada por la vulneración de derechos de terceros, sean de propiedad intelectual o industrial, de secreto comercial o cualquier otro. Es responsabilidad de los autores obtener los permisos necesarios de las imágenes que estén sujetas a **copyright**.

Si por último se decide no publicar el artículo en la revista, la cesión de derechos mencionada quedará sin efecto, de modo que el autor recuperará todos los derechos de explotación de la obra.

El envío de los artículos no implica la obligatoriedad de publicarlos, pues serán sometidos a evaluación de árbitros; aquellos textos que a juicio del Editor, Comité Editorial y/o Comité Científico llenen los requisitos exigidos y sean trabajos relacionados con **seguridad operacional, logística aeronáutica, tecnología e innovación, gestión y estrategia, docencia y educación**, y/o relacionados con el sector aeroespacial o afines.

Si no se indica lo contrario, se entienden aceptados la política de confidencialidad y el aviso legal de la revista en el momento de completar la entrega de su artículo y en el momento de ejecutar el formulario de registro en sitio web: www.publicacionesfac.com

Proceso de revisión y publicación

1. Una vez recibido el artículo al cierre de convocatoria el Editor evalúa que cumplan con los requisitos generales y luego es sometido al Comité Editorial y/o Comité Científico (evaluación interna).
2. Se asignan los evaluadores según los temas desarrollados; enviando la invitación, el respectivo formato de evaluación y especificando el plazo de entrega del concepto. Todo artículo será enviado a evaluación por pares académicos internos y externos.
3. Cada evaluador emite una valoración y concepto a saber:

Calificación	Valoración	Concepto
75 – 100	Excelente	Publíquese como está - Es un producto publicable.
60 – 74	Bueno	Es un producto publicable con ajustes mínimos.
50 – 59	Aceptable	Es un producto publicable con ajustes significativos.
0 – 49	No Aceptable	No es un producto publicable - Requiere correcciones profundas y serias.

El Par Académico emite el concepto, desarrollando la evaluación respectiva de acuerdo con los parámetros enviados por el Editor.

1. El resultado final de las evaluaciones lo comunica el Editor a los autores. La revista no se compromete a mantener correspondencia con el autor(es) sobre los criterios adoptados. Se hace la retroalimentación de los conceptos en el caso de realizar las mejoras correspondientes a estructura y forma.
2. Cada artículo aceptado queda supeditado a una nueva revisión por el Editor y Comité Editorial. Los autores cuyos artículos fueron aceptados para publicación, deberán enviar una **carta de autorización** de uso de derechos de propiedad intelectual, en donde se consigne la autorización de publicación en cualquier medio, físico y/o electrónico.
3. Se reciben las versiones definitivas, realizando una nueva revisión.
4. Se hace la revisión de estilo y forma. Pasa luego al diseñador / diagramador, para finalmente obtener la publicación de la revista.
5. Cada autor recibe una comunicación electrónica (versión en línea) sobre la publicación, dada su participación en la edición.

Principal contacto

Ciencia y Poder Aéreo
 Revista Científica de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
 Teléfonos: (057- 1) 6378927 / 6206518 Ext. 1719 – 1722
 Correos electrónicos: cienciaypoderaereo@gmail.com y cienciaypoderaereo@epfac.edu.co
 Dirección: Cra. 11 No. 102 - 50 Edificio ESDEGUE Oficina 411 Bogotá D.C., Colombia. A.A. 110111
 Publicaciones de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
www.publicacionesfac.com





Instructions for authors

Science and Air Power journal consider articles of research and innovation. Inside that they are: original scientific articles, reflection article, review article, short article and case report, in Spanish, English and Portuguese. According to classification made by Colciencias (Administrative Department of Science, Technology and Innovation) they are defined as follows:

a. Original scientific article. It is a complete document that shows the original results of research projects finished of research and/or technological development in a detail way.

b. Reflection article. It is a original document that shows research results from an analytic, interpretative or review perspective of the author, about a specific topic using original sources.

c. Review article. It is a document where published and non-published research results about a field in science are organized, analyzed, systematized, and integrated, with the purpose to show progress and development tendencies. It is characterize for having careful bibliography review of at least 50 references.

d. Short article. It is a brief document that shows original, preliminary or partial results of scientific or technological research which require rapid dissemination.

e. Case report. It is a document that shows results of study about a particular situation with the purpose of sharing technical and methodological experiences in a specific case. It can includes a systematic review from literature about analogous cases.

Science and Air Power journal allows articles which thematic areas coincide with the following:

- Operational Safety and Aviation Logistics.
- Management and Strategy.
- Technology and Innovation.
- Education and ICT.

Looking for topics related as possible with the aerospace field.

General rules

Every article must:

- Make reference to the journal field.
- Be an original document or article, non-previously published neither considered in another journal.
- Have scientific contend, coherence and unity.
- Indicate article type. Denote the research project, registration (if exists) and/or data related with the work to present, when it corresponds to a original scientific article; reflection review, short article or case report.
- Indicate author's subsidiary institution, author's professional profile and contact information.
- Each article proposal is evaluated by peers whose concept has a significant impact on publishing decision.

Text requirements

- Articles must have a length of 15.000 a 90.000 characters with spaces (between 10 a 30 pages approximately including references) letter size (21.5 x 25 cm) Myriad Pro or Times New Roman, 1.5 spacing, 2.54 cm margins.
- Figures, tables and equations must be numbered in a consecutive way and cited within the text, following APA 6th rules, letter size 10.

- Initials: Use the whole name and put initials in parenthesis when writing for the first time, and later only write initials without parenthesis.
- Citation and references: citations and references should be done based on APA 6th edition rules.
- Foot notes are used only for significant contribution to the text.

Structure for articles types a, b, c, d.

Title: in Spanish, Portuguese and English. As a foot note, indicate article type, information regarding research and other related data – research group, project registration, sponsor institution and any other information considered necessary.

Abstract: in Spanish, Portuguese and English, 150 to 200 words maximum; consider types of abstract: *Analytic – synthetic: where a short critic comment from the author about the article is included, as well as the deepness and scope of the work, considering objective, methodology, results and conclusions. *Analytic: informative text that presents in a brief way and explains all significant and relevant aspects of the article, through a logic and lineal relation of the topics addressed; includes results. **Palabras clave, Palavras-chave** and **Key words:** 3 to 6 in alphabetic order (consider thematic words offer by thesaurus), separated by semicolon (;). **Introduction:** (talk about the research problem or question)

Method. Results. Discussion and/or analysis, Conclusions, Recommendations and/or Acknowledgements (optional). **References** in alphabetic order-according to APA 6th edition rules.

Separate tag: include author(s) data names, last names, short curriculum, subsidiary institution, email and postal code (work place address and mail), contact telephone numbers and academic or professional description.

Structure for article types e.

Title: in Spanish, Portuguese and English. As a foot note, indicate article type, information related to it.

Abstract: in Spanish, Portuguese and English, 150 to 200 words maximum; consider types of abstract: *Analytic – synthetic: where a short critic comment from the author about the article is included, as well as the deepness and scope of the work, considering objective, methodology, results and conclusions. *Analytic: informative text that presents in a brief way and explains all significant and relevant aspects of the article, through a logic and lineal relation of the topics addressed; includes results. **Palabras clave, Palavras-chave y Key words:** 3 to 6 in alphabetic order (consider thematic words offer by thesaurus), separated by semicolon (;). **Introduction. Article body:** case introduction, results, discussion, and analysis. **Conclusions, Recommendations and/or Acknowledgements** (optional). **References** in alphabetic order-according to APA 6th edition rules.

Separate tag: include author(s) data names, last names, short curriculum, subsidiary institution, email and postal code (work place address and mail), contact telephone numbers and academic or professional connection.

Submission preparation

Authors may submit originals once register in the journal.

As part of submission process, author(s) are committed to confirm that its submittal satisfies all elements shown as follows; otherwise articles will be returned to the author(s).

1. The work sent has not been previously published nor has been sent simultaneously to another journal.
2. The text is in Microsoft Word, Open Office or RTF format (.doc,.rtf, .odt)
3. The work sent must have 15.000 to 90.000 characters with space (10 to 30 pages approximately including references).
4. Style requirements and instructions for authors have been followed in the work submission.



5. Bibliographic references have been presented in alphabetic order according to APA rules 6th edition as published in the Publication Manual of the American Psychological Association.
6. Text has 1,5 space. Font size is 12.
7. All figures and tables have been situated on the correspondent location and not at the end of the text. All figures (draws, images, photos) and tables must be sent separately in .jpg and/or .xlsx format (in original document) that allow to be edited for design purposes.
8. Work submitted has been prepared for blind peer review, which means, references and author's names have been deleted and substituted by the word «Author» (document properties included).
9. Author(s) information has been included in a separate tag with name, last name, brief curriculum, subsidiary institution, email, and address (work place address and/or mail), contact telephone numbers and academic or professional connection.
10. Cession of intellectual property rights.

Article cover letter has been filled out and signed, stating original authorship of the manuscript. (Topics related with the license of use are included in this document). Editorial team are, as a result, exonerated of any obligation or responsibility for any legal action that could be initiated from the manuscript submitted for violation of third party rights, intellectual or industrial property rights, commercial secrets, or any other type. It is author's responsibility to obtain all necessary permissions of images subject to *copyright*.

Should the journal, in its sole discretion, elect not to publish the Work, the cession shall lapse and be of no further effect. In such event the copyright shall revert to the Author and the journal shall not publish the Work, or any part thereof, without the Author's prior written consent.

The submission of articles does not imply obligatory nature to be published, since should pass through an evaluation process; Those manuscripts that according to the judgment of the Editor, Editorial board and/or Scientific board, fulfill all the requirements and that belong to any of the following fields: Operational Safety and Aviation Logistics, Management and Strategy, Technology and Innovation, Teaching and Education, and/or related with the aerospace field.

Confidentiality policy and journal's legal notice are assumed accepted if the opposite is not stated at the time of completing submission of the article and filling out of registration form on the website www.publicacionesfac.com

Review and publication process

1. After the closing date for submissions for call for article, the editor checks that articles satisfies general requirements and then are passed to the Editorial and/or Scientific board (internal evaluation).
2. Reviewers are assigned according to the topics; sending an invitation, the correspondent evaluation form and specifying the deadline for submission of the concept. Every article will be submitted to evaluation by internal and external academic peers.
3. Each reviewer will give one of the following concepts:

Score	Assessment	Concept
75 – 100	Excellent	Let it be published as it is - is a publishable product.
60 – 74	Good	It is a publishable product with minimal adjustments.
50 – 59	Acceptable	It is a publishable product with significant adjustments.

0 – 49	Unacceptable	It is not a publishable product - Requires deep and serious corrections.
--------	--------------	--

The Academic Peer emits the concept, developing the correspondent evaluation according to the parameters given by the Editor.

1. Final result of the evaluation is notified by the Editor to the Authors. The Journal is not committed to discuss with the author the evaluation criteria. Feedback of the concepts is done in case of making the correspondent structure and form improvements.
2. Each accepted article is subject to a new revision by the Editor and Editorial board. Authors whose articles were accepted for publication, should send an authorization letter for the use of intellectual property rights, where authorizes publication in any written or electronic media.
3. Final versions are received, making a new revision.
4. Style and form revision is done. Then, article is passed to the designer, and finally is published on the journal.
5. Each author has the rights to receive an electronic message about the version (online) publication, given its participation on the edition.

Principal Contact

Science and Air Power
 Scientific Journal of the Colombian Air Force's Postgraduate School
 Phone: (057- 1) 6378927 / 6206518 Ext. 1719 – 1722
 E-mail: cienciaypoderaereo@gmail.com and cienciaypoderaereo@epfac.edu.co
 Cra. 11 No. 102 - 50 Building ESDEGUE Office 411
 Bogota D.C., Colombia. A.A. 110111
 Publications of the Colombian Air Force's Postgraduate School
www.publicacionesfac.com





Instruções para os Autores

A revista *Ciência e Poder Aéreo*, considera artigos de investigação e inovação. Entre os quais estão: artigo científico original, artigo de revisão, o artigo reflexão, artigo curto e relato de caso, em Espanhol, Inglês e Português. De acordo com a classificação feita por Colciencias (Departamento Administrativo de Ciência, Tecnologia e Inovação) definida como segue:

a. Artigo científico original. Documento completo que apresenta detalhadamente os resultados originais derivados de projetos de pesquisa e / ou desenvolvimento tecnológico concluídos.

b. Artigo de reflexão. Documento original que apresenta resultados de investigação desde uma perspectiva analítica, interpretativa ou crítica do autor, sobre uma temática específica, recorrendo a fontes originais.

c. Artigo de revisão. Documento resultado de uma investigação onde se organizam, analisam, sistematizam e integram resultados de investigações publicadas ou não sobre um campo em ciência e tecnologia, a fim de explicar as tendências de progresso e desenvolvimento. Caracteriza-se por apresentar uma cuidadosa revisão bibliográfica de pelo menos 50 referências.

d. Artigo curto. Breve documento que apresenta resultados originais preliminares ou parciais de uma pesquisa científica ou tecnológica, que exige pronta divulgação.

e. Reporte de caso. Documento que apresenta os resultados de um estudo sobre uma situação particular, a fim de divulgar as experiências técnicas e metodológicas consideradas num caso específico. Pode incluir uma revisão sistemática da literatura sobre casos análogos.

A revista *Ciência e Poder Aéreo* admite a apresentação de artigos cujos temas correspondem aos descritos a seguir:

- Segurança e Logística Aeronáutica.
- Gestão e Estratégia.
- Tecnologia e Inovação.
- Educação e TIC.

Procura que os temas referidos, quanto possível estejam relacionados com o campo aeroespacial e afins.

Normas gerais

Todo artigo deverá:

- Fazer referência ao campo próprio da revista.
- Ser um documento ou artigo original, não publicado anteriormente e não é considerado em outra revista.
- Estar cientificamente documentado, apresentar coerência e ter unidade interna.
- Indicar o tipo de artigo. Se corresponde a um artigo científico original, de reflexão derivado da pesquisa; de revisão; artigo curto ou reporte de caso, indicar o projeto de investigação, o registo (se conta com um) e / ou dados relacionados com o trabalho a ser apresentado.
- Indicar a filial institucional do autor (es), perfil profissional e detalhes de contato.
- Cada proposta de artigo está sujeita a avaliação por pares, cujo conceito é importante para a decisão de sua publicação.

Requisitos do texto

- Os artigos devem ter uma extensão de 15.000 a 90.000 caracteres com espaços (entre 10-30 páginas aproximadamente in-

cluindo referências) tamanho carta (21,5 x 25 cm) Myriad Pro ou Times New Roman, espaço 1,5. 2,54 cm de margens.

- Figuras, tabelas e equações devem ser numeradas consecutivamente e citadas no texto, seguindo as regras APA 6ª edição, tamanho 10.
- Siglas: O nome completo será mencionado a primeira vez e entre parênteses a sigla. Depois disso, somente se destacará a sigla sem parênteses.
- Citação e referências: o sistema de citação e lista de referências deve ser realizada com base nas regras APA 6ª edição.
- Notas de rodapé: serão utilizadas apenas para aportes substantivos ao texto.

Estrutura para o tipo de artigos do literal a. b. c. d.

Título: em Espanhol, Português e Inglês. Como nota de rodapé, indicar o tipo de artigo, informações sobre a investigação e outros dados relacionados - grupo de pesquisa, registro do projeto, órgão de financiamento ou outras informações consideradas.

Resumo: em Espanhol, Português e Inglês, entre 150-200 palavras máximo; considerar os tipos de resumos: * Analítico - sintético: que inclui um comentário crítico do autor sobre o conteúdo apresentado no artigo, além disso, inclui-se a profundidade e extensão do trabalho, considerando objetivo, metodologia, resultados e conclusões. * Analítico: texto informativo que apresenta brevemente e explicitamente todos os aspectos significativos e relevantes do artigo, através de uma relação lógica e linear dos temas tratados; Ele inclui resultados. **Palabras clave, Palavras-chave e Key Words:** de 3 a 6 em ordem alfabética (Ter em conta as palavras temáticas que fornecem os tesouros), separadas por um ponto e vírgula (;). **Introdução** (mencionando o problema de pesquisa). **Método. Resultados. Discussão e / ou análise. Conclusões, recomendações e / ou Agradecimentos** (opcional).

Referências em ordem alfabética - seguindo a 6ª edição das regras APA.

Arquivo separado: incluir informações sobre o autor(es) incluir nomes, sobrenomes, pequena biografia, filial institucional, endereço eletrônico e postal (endereço de trabalho e / ou correspondência), números de telefone de contato e afiliação acadêmica ou profissional.

Estrutura para o tipo de artigos do literal e.

Título: em Espanhol, Português e Inglês. Como nota de rodapé, indicar o tipo de artigo, informações sobre este.

Resumo: em Espanhol, Português e Inglês, entre 150-200 palavras máximo; considerar os tipos de resumos: * Analítico - sintético: que inclui um comentário crítico do autor sobre o conteúdo apresentado no artigo, além disso, inclui-se a profundidade e extensão do trabalho, considerando objetivo, metodologia, resultados e conclusões. * Analítico: texto informativo que apresenta brevemente e explicitamente todos os aspectos significativos e relevantes do artigo, através de uma relação lógica e linear dos temas tratados; Ele inclui resultados. **Palabras clave, Palavras-chave e Key Words:** de 3 a 6 em ordem alfabética (Ter em conta as palavras temáticas que fornecem os tesouros), separadas por um ponto e vírgula (;). **Introdução. Corpo do artigo:** apresentação do caso, resultados, discussão e análise. **Conclusões, recomendações e / ou Agradecimentos** (opcional).

Referências em ordem alfabética - seguindo a 6ª edição das regras APA.

Arquivo separado: incluir informações sobre o autor(es) incluir nomes, sobrenomes, pequena biografia, filial institucional, endereço eletrônico e postal (endereço de trabalho e / ou correspondência), números de telefone de contato e afiliação acadêmica ou profissional.

Preparação de envios

Os autores podem submeter seus originais depois de terem registrado com a revista.

Como parte do processo de envio, o autor /es estão comprometidos a verificar que o envio cumpre com todos os itens mostrados abaixo. Os envios que não atendam a essas diretrizes será devolvidos.

1. O texto não foi publicado anteriormente nem tem sido enviado simultaneamente a outra revista.
2. O manuscrito está em formato Microsoft Word, Open Office ou RTF. (Forma de arquivo eletrônico.doc,rtf,odt)
3. Os trabalhos enviados deverão estar entre os 15.000 a 90.000 caracteres com espaços (entre cerca de 10-30 páginas, incluindo referências).
4. Foram seguidas as exigências de estilo e diretrizes das Instruções aos Autores na apresentação do trabalho.
5. Foram apresentadas as referências bibliográficas em ordem alfabética seguindo as diretrizes das regras APA 6ª edição. como tem sido publicado no Manual da American Psychological Association.
6. O texto tem espaçamento 1,5. O tamanho da fonte é de 12 pontos.
7. Todas as figuras e tabelas estão localizados na posição correspondente e não no final do texto. Todas as figuras (gráficos, imagens, fotografias) e tabelas devem ser enviadas separadamente em formato. jpg e/ ou.xlsx (documento original) que permitem se editar para fins de desenho.
8. O documento enviado tem se preparado para avaliação cega por pares, ou seja, as referências e os nomes dos autores foram removidos de todas partes do artigo e substituídas pela palavra "Autor" (propriedades do documento incluídas).
9. Foram anexados os dados do autor em um arquivo separado com nome, sobrenomes, pequena biografia, filial institucional, endereço eletrônico e postal (endereço do local de trabalho e / ou correspondência), números de telefone de contato e afiliação acadêmica ou profissional.
10. Transferência de direitos de propriedade intelectual.

Se tem preenchido e assinado a **carta de apresentação do artigo**, que diz que eu sou (somos) o autor (es) original da obra. (aspectos relacionados com a licença estão incluídos no documento). A equipe editorial está portanto, isenta de qualquer obrigação ou responsabilidade por qualquer ação legal que possa surgir resultante do trabalho publicado pela violação de direitos de terceiros, sejam eles de propriedade intelectual, industrial de segredo comercial ou qualquer outro. É de responsabilidade dos autores obter as autorizações necessárias das imagens que estejam sujeitas a **copyright**.

Se, finalmente, foi decidido não publicar o artigo na revista, a transferência dos direitos caducarão, de modo que o autor vai recuperar todos os direitos de exploração da obra.

O envio dos artigos não implica a obrigação de publicá-los, pois eles vão ser submetidos a avaliação dos árbitros; aqueles textos que o julgamento do Editor, Comitê Editorial e / ou Comitê Científico cumpram as exigências e estejam relacionados com à segurança operacional, a logística aeronáutica, a tecnologia e inovação, a gestão e estratégia, o ensino e a educação, e / ou relacionados com o campo aeroespacial ou afins.

Salvo indicação contrária, são entendidos e aceitos a política de privacidade e o aviso legal da revista no momento de completar a entrega do seu artigo e no momento de executar o formulário de inscrição on-line: www.publicacionesfac.com

Processo de revisão e publicação

1. Após o recebimento do artigo no final da convocatória, o Editor avalia que cumpram os requisitos gerais e é então submetido ao Comitê Editorial e / ou Comitê Científico (avaliação interna).

2. Os avaliadores são atribuídos de acordo com os temas abordados; enviando o convite, o respectivo formulário de avaliação e especificando o prazo da entrega do conceito. Todos os artigos serão enviados para avaliação por pares acadêmicos internos e externos.
3. Cada avaliador emite uma avaliação e conceito:

Qualificação	Avaliação	Conceito
75 – 100	Excelente	Para ser publicado como está - é um produto publicável.
60 – 74	Bom	É um produto publicável com ajustes mínimos.
50 – 59	Aceitável	É um produto publicável com ajustes significativos.
0 – 49	Não Aceitável	Não é um produto publicável - requer correções profundas e serias

O Par Acadêmico emite o conceito, desenvolvendo a avaliação relacionada de acordo com os parâmetros enviados pelo Editor.

1. Notifica o resultado final da avaliação ao Editor e aos autores. A revista não se compromete a manter correspondência com o autor (es) sobre os critérios adotados. Se faz feedback dos conceitos no caso de fazer melhoramentos no que respeita à estrutura e a forma.
2. Cada artigo aceito está sujeito a revisão adicional pelo Editor e o Comitê Editorial. Autores cujos trabalhos foram aceitos para publicação, devem enviar uma carta de autorização para utilizar os direitos de propriedade intelectual, onde seja registada a autorização para publicação em qualquer meio, físico e / ou eletrônico.
3. As versões finais são recebidas fazendo uma nova revisão.
4. Se faz revisão do estilo e forma. Em seguida vai para o desenhador / diagramador, para finalmente obter a publicação da revista.
5. Cada autor tem o direito de receber uma comunicação eletrônica (versão em linha) sobre a publicação, dado o sua participação na edição.

Contato principal

Ciência e Poder Aéreo
Revista Científica da Escola de Pós-graduação da Força Aérea Colombiana
Telefones: (057- 1) 6378927 / 6206518 Ext. 1719 – 1722
Correios eletrônicos: cienciaypoderaereo@gmail.com e cienciaypoderaereo@epfac.edu.co
Endereço: Cra. 11 No. 102 - 50 Prédio ESDEGUE Escritório 411 Bogotá D.C., Colombia. A.A. 110111
Publicações da Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana www.publicacionesfac.com



ASÍ SE VA A LAS ALTURAS



Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
Institución Universitaria • Resolución 1906 MEN, Agosto de 2002



Fuerza Aérea Colombiana



Escuela de Postgrados FAC

