

CIENCIA Y PODER AÉREO

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

ISSN 1909-7050 • E-ISSN 2389-9468



VOL. 14 Nº. 2 | Julio - Diciembre 2019 | Pp 1-228





CIENCIA Y PODER AÉREO

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

ISSN 1909-7050 • E-ISSN 2389-9468



VOL. 14 N.º 2 | Julio - Diciembre 2019 | Pp 1-228



Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

Colombian Air Force Postgraduate School

Escola de Pós-graduação da Força Aérea Colombiana

Director

CR. Oscar Javier Gómez Muñoz

Subdirector General

TC. Robert Santiago Quiroga Cruz

Comandante Escuadrón Grupo Académico

TC. Jorge Iván Marín Herrera

Comandante Escuadrón de Investigación

TC. Wilson Augusto Jaramillo García

Comandante Escuadrón Extensión e Internacionalización

TC. Alex Yoardi Jaramillo Restrepo

Comandante Escuadrilla de Idiomas

ST. Julieth Ximena Castellanos Ladino

REVISTA CIENCIA Y PODER AÉREO

Journal Science and Air Power

Revista Ciência e Poder Aéreo

Director / Director / Diretor

TC. Wilson Augusto Jaramillo García

Editor / Editor / Editor

M.Sc. Erika Juliana Estrada Villa

Equipo editorial / Editorial team / Equipe editorial

Freedom Editorial

Coordinación editorial / Editorial coordination /
Coordenação editorial

Asistencia editorial / Editorial assistance /
Assistência editorial

Evaluación de pertinencia / Relevance Assessment /
Avaliação de Relevância

Evaluación científica y arbitraje / Scientific
evaluation and arbitration / Avaliação científica e
arbitragem

Revisión de textos / Text / Revisão de textos

Revisión de estilo / Editing style / Revisão do estilo

Diseño editorial / Editorial design / Design editorial

Traducción de contenidos / Content translation /
Tradução de conteúdo

Diseño y maquetación / Design and layout / Design e
layout

Edición fotográfica / Photo editing / Edição de fotos

Corrector de pruebas - sintaxis / Proofreading -
syntax / Revisão - sintaxe

Divulgación y registros de la publicación / Diffusion
and registration / Difusão e registro

© Créditos fotografías cubiertas / separatas

Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
Freedom Editorial

© Créditos fotografías portadillas - artículos

Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA) - Aeronáutica
Civil de Colombia
Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana
(CIAC) - Técnico Subjefe / Jeisson Enrique Amaya Cortés
Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
Teniente Coronel Juan Carlos Hernández Deckers (FAC)
The National Aeronautics and Space Administration
(NASA)
Russia News HeadlineToday

Agradecimiento

En apoyo a la consecución de artículos

Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA) - Aeronáutica
Civil de Colombia

M.Eng. Leonardo Gómez Gómez - Coordinador Grupo
de Investigación Académica

Asesora Alicia Del Pilar Martínez Lobo

Biteca S.A.S. Versión digital - OJS / Digital version - OJS
/ Versão digital - OJS

INFORMACIÓN TÉCNICA / Informações técnicas /
Technical Information

Depósito Digital

Volumen 14 n.º 2 | Julio-Diciembre de 2019

Periodicidad semestral

ISSN versión impresa 1909-7050

ISSN versión electrónica 2389-9468

DOI: [https://publicacionesfac.com/index.php/
cienciaypoderaereo/index](https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/index)

Bogotá - Colombia (Suramérica), 2019

VOL. 14 N.º 2 | JULIO-DICIEMBRE 2019

Pp. 1-228

Comité editorial / Editorial Board / Comitê editorial

Juan Pablo Casas Rodríguez

PhD. Mechanical and Manufacturing Engineering

Loughborough University, England

Universidad de los Andes, Colombia.

Ramón Fernando Colmenares

Post PhD. Ingeniería Aeroespacial

Cranfield University, United Kingdom

Universidad Cooperativa de Colombia.

Eduardo Pastrana Buelvas

PhD. Derecho Internacional Económico

Universität Leipzig, Germany

Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones
Internacionales

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Peter Thomson Roach

PhD. Aerospace Engineering and Mechanics

University of Minnesota, United States

Universidad del Valle, Colombia.

Sergio Tobón Tobón

Post PhD. Competencias de los docentes en el Espacio

Europeo de Educación Superior

Universidad Complutense de Madrid, España.

Centro Universitario CIFE, México.

Comité científico / Scientific Board / Comitê científico/

Hernán Darío Cerón Muñoz

Post PhD. Engenharias

Cranfield University, United Kingdom.

Universidade de São Paulo, Brasil.

Luis Benigno Gutiérrez Zea

PhD. Electrical and Computer Engineering

Georgia Institute of Technology, United States

Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

Héctor Enrique Jaramillo Suárez

PhD. Ingeniería: Área Mecánica de Sólidos

Universidad del Valle, Colombia.

Universidad Autónoma de Occidente, Colombia.

Julián Sierra-Pérez

PhD. Ingeniería Aeroespacial

Universidad Politécnica de Madrid, España.

Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

Álvaro Joffre Uribe Quevedo

Post PhD. Serious Games - IMMERS - Games Institute

University of Waterloo, Canadá.

Universidad de Ontario, Instituto de Tecnología,
Canadá.

Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Pares académicos / Academic Peers / Pares
acadêmicos

Carlos Alberto Ardila Castro

PhD. (c) Educación

Universidad Internacional Iberoamericana, México.

M.Sc. Relaciones y Negocios Internacionales

Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Escola Superior de Guerra, Colombia.

William Germán Arias Cepeda

M.Eng. Ingeniería con Énfasis en Energías Alternativas

Universidad Libre, Colombia.

Secretaría de Educación del Distrito, Bogotá

- Colombia.

Dora María Ballesteros Larrotta

PhD. Ingeniería Electrónica

Universitat Politècnica de Catalunya, España.

Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Pedro David Bravo Mosquera

PhD. (c) Engenharia Mecânica

M.Sc. Engenharia Mecânica

Universidade de São Paulo, Brasil.

Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de

São Paulo, Brasil.

Walter René Cadena Afanador
PhD. (c) Derecho
 Universidad de Buenos Aires, Argentina.
M.Sc. Relaciones Internacionales.
 Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
 Universidad Militar Nueva Granada y Universidad Libre, Colombia.

Luis Leonardo Camargo Ariza
PhD. Ciencias
 Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín, Venezuela.
 Universidad del Magdalena, Colombia

Henry Cancelado Franco
M.Sc. Análisis de Problemas Contemporáneos
 Academia Diplomática de San Carlos, Colombia.
 Escuela Superior de Guerra, Colombia.

Ramón Fernando Colmenares
Post PhD. Ingeniería Aeroespacial
 Cranfield University, United Kingdom.
 Universidad Cooperativa de Colombia.

Santiago García Carvajal
M.Sc. Administración de Empresas
 Southern New Hampshire University, United States.
 Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Jorge Iván García Sepúlveda
M.Sc. Thermal Power (Gas Turbine Technology)
 Cranfield University, United Kingdom
 Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

Saulo Gómez Salcedo
PhD. (c) Engenharia Aeronáutica e Mecânica
M.Eng. Engenharia Aeronáutica e Mecânica
 Instituto Tecnológico Da Aeronáutica, Brasil.

Sandra Johanna Garzón Parra
PhD. Optometría y Ciencias de la Visión
 Universitat de Valencia, España.
 Universidad Antonio Nariño, Colombia.

Denisse Amara Grandas Estepa
PhD. (c) Relaciones Internacionales
 Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
M.Sc. Desarrollo y Ayuda Internacional
 Universidad Complutense de Madrid, España.
 Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Luini Leonardo Hurtado Cortés
Ph.D. Ingeniería - Automática
 Universidad Nacional, Colombia.
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Carlos Manuel Jiménez Aguilar
PhD. Estudios Políticos y Relaciones Internacionales
 Universidad Nacional, Colombia.
 Universidad de La Sabana, Colombia.

Nancy Piedad Molina Montoya
PhD. Bioética
 Universidad El Bosque, Colombia.
 Universidad de La Salle, Colombia.

Marduck Olivella Suárez
Optómetra
 Universidad de La Salle, Colombia.
 Dirección General de Sanidad Militar Fuerza Aérea Colombiana
 Curso en Medicina Basada en la Evidencia
 Universidad Nacional, Colombia.
 Instructor en Entrenamiento en Fisiología de Vuelo - FAC

Julio Enoc Parra Villamarín
M.Sc. Ingeniería Mecánica
 Universidad Nacional, Colombia.
 Chief Operating Officer, Colombia.

Leonardo Juan Ramírez López
Ph.D., Engenharia Biomedica
 Universidade Mogi das Cruzes, Brasil.
 Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Carlos Omar Ramos Linares
M.Eng. Teleinformática
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
 Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Ángela María Rendón Pérez
PhD. Ingeniería Ambiental
 Universidad de Antioquia, Colombia.

Julián Sierra-Pérez
PhD., Ingeniería Aeroespacial
 Universidad Politécnica de Madrid, España.
 Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

Para suscripciones o canjes, dirijase a:
 Ciencia y Poder Aéreo / Science and Air Power / Ciência e Poder Aéreo
 cienciaypoderaereo1@gmail.com (057-1) 637 8927 - 620 6518 Ext. 1719, 1722.
 Biblioteca Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. biblioteca@epfac.edu.co

Para mayores informes:
 Dirección postal / Mailing Address / Endereço postal
 Cra. 11 No. 102-50 Edificio ESDEGUE, Escuadrón de Investigación.
 Oficina 411. A.A.110111. Bogotá D.C., Colombia.
 Teléfonos (057-1) 637 8927 - 620 6518. 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 2389-9468

Presentación

La revista científica Ciencia y Poder Aéreo es una publicación semestral 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*, y *Tecnología e Innovación*; 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, de carácter inédito, con alta calidad académica y rigurosidad científica, relacionados con temas de *Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica, Gestión y Estrategia*, y *Tecnología e Innovación*; 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 el 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.

CIÊNCIA E PODER AÉREO**Revista científica da Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana**

ISSN: 1909-7050 - E-ISSN 2389-9468

Apresentação

A revista Ciência e poder aéreo é uma publicação semestralmente 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, 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, e revisão, inéditos, com alta qualidade acadêmica e rigor científico, relacionados com questões de Segurança Operacional e Logística Aeronáutica, Gestão e Estratégia, Tecnologia e Inovação; 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 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.

SCIENCE AND AIR POWER**Scientific journal of the Colombian Air Force's Graduate School**

ISSN: 1909-7050 - E-ISSN 2389-9468

About the Journal

The scientific journal Science and Air Power is an biannual publication of the Colombian Air Force's Graduate 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, 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 and reviews articles, unpublished, with high academic quality and scientific rigor, related with topics on Operational Safety and Aviation Logistics, Management and Strategy, Technology and Innovation; 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 of the 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's Graduate School.

Contenido

Volumen 14 No.2

Julio - Diciembre 2019

Editorial

(Pág.11)

Editorial / Editorial

TC. Wilson Augusto Jaramillo García y Erika Juliana Estrada Villa

Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica

Operational Safety and Aeronautical Logistics / Segurança Operacional e Logística Aeronáutica

Comparación de la implementación en plataformas tradicionales y en nube: sistema de reportes meteorológicos

(Pág.20-45) *A Comparison of the Implementation of Traditional and Cloud-Based Platforms: Meteorological Report System*

Comparação da implementação em plataformas tradicionais e em nuvem: sistema de reportes meteorológicos

Jimmy Anderson Flórez Zuluaga, Samuel Guillermo Orozco Montero, Wilmer Arley Daza Hernández, Edinson Rolando Cardenal Moreno, Luisa María Amariles Saldarriaga

Descripción de morbilidad visual y ocular analizada en la Región Central de Colombia, acorde con los reportes RIPS (2013-2015)

(Pág.46-61) *A Description of Visual and Ocular Morbidity Analyzed in the Central Region of Colombia According to RIPS (2013-2015) Reports*

Descrição de morbilidade visual e ocular analisada na Região Central da Colômbia, de acordo com os reportes RIPS (2013-2015)

Jesús Daniel Gil, Jessica Alejandra Herrera Osorio, Olivia Margarita Narváez Rumie

Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico

(Pág.62-81) *Implementation of a Centralized Remote System as a Way to Improve Aeronautical Maintenance*
Implementação de um sistema remoto centralizado como uma melhoria para a manutenção aeronáutica

José David Gómez Gil, Edgar Leonardo Gómez Gómez

Gestión y Estrategia

Management and Strategy / Gestão e Estratégia

La interceptación de los Tupolev: enseñanzas desde la doctrina y la estrategia

(Pág.82-95) *The Tupolev Interception: Lessons from Doctrine and Strategy*

A interceptação dos Tupolev: ensinamentos desde a doutrina e a estratégia

Rodrigo Mezú Mina

Efecto del posconflicto a nivel global desde la Segunda Guerra Mundial y sus consideraciones para Colombia

(Pág.96-121) *Effect of Post-conflict Situations from Around the Globe since World War II, and Issues to Consider for Colombia*

Efeito do pós-conflito ao nível global desde a Segunda Guerra Mundial e suas considerações para a Colômbia

Abdón Estibenson Uribe Taborda, Leonardo De Jesús Mesa Palacio

Fuerza Aérea y conflicto en el Caribe colombiano, 1980-2010

(Pág.122-139) *Air Force and Conflict in the Colombian Caribbean, 1980-2010*

Força Aérea e conflito no Caribe colombiano, 1980-2010

Ricardo Esquivel Triana

Superioridad aérea en los intereses nacionales. Una mirada desde el cóndor de los Andes como símbolo de poder aéreo

(Pág.140-161) *Air Superiority and National Interests. A Perspective from the Andean Condor as a Symbol of Air Power*

Superioridade aérea nos interesses nacionais. Um olhar desde o condor dos Andes como símbolo de poder aéreo

David Barrero-Barrero, Carlos Enrique Álvarez Calderón

Tecnología e Innovación

Technology and Innovation / Tecnologia e Inovação

Study of The Flying and Handling Qualities of a Glider-Type Aircraft for Instruction Purposes

(Pág.162-179) *Estudio de las cualidades de vuelo y manejo de una aeronave tipo planeador para instrucción*

Estudo das qualidades de voo e manejo de uma aeronave tipo planador para instrução

Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria, German Wedge Rodríguez Pirateque

Estudio aerodinámico computacional en la entrada de un scramjet aplicando el efecto tubérculo

(Pág.180-199) *Aerodynamic Computer Study on the Entry of a Scramjet Using the Tubercle Effect*

Estudo aerodinâmico computacional na entrada de um scramjet aplicando o efeito tubérculo

Jorge David Lara Ríos, Andrés Enrique López Bueno, Iván Felipe Rodríguez Barón

Análisis espectral del diseño de una antena de radio afición

(Pág.200-215) *Spectral Analysis of an Amateur Radio Antenna Design*

Análise espectral do desenho de uma antena de rádioamador

Nancy Esperanza Olarte López, Carlos Antonio Orrego Muñoz, Gustavo Emilio Echeverry Vásquez

Instrucciones para Autores

(Pág.216-225) *Instruções para os Autores / Instructions for authors*



Fotografía / Photograph / Fotografía: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

Editorial

Revista Ciencia y Poder Aéreo

Volume 14 No. 2

La Revista Ciencia y Poder Aéreo culmina el año 2019 con la segunda publicación del volumen 14 que da cierre a la celebración del centenario de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), bajo el lema #100AñosProtegiendoLaNación.

Como Fuerza Multipropósito, el primer siglo viene marcado por diferentes hitos aeronáuticos en defensa de la soberanía nacional, la seguridad del país, y especialmente desde el más profundo sentido social de la Institución, pues está conformada por miles de colombianos que representan cientos de familias con sueños y metas, siendo el factor humano la esencia y motor de todo lo que emprendemos.

Uno de los episodios que recordamos con tristeza y que enfrentó con heroísmo la Fuerza Aérea fue la tragedia de Armero, hace 34 años, cuando a las 23:30 horas del 13 de noviembre de 1985, una avalancha del río Lagunilla generada por la erupción del volcán Arenas del Nevado del Ruíz, sepultó esta población del Tolima dejando un saldo de más de 26 mil muertos. En las horas posteriores prácticamente el único medio posible para un rescate efectivo de los sobrevivientes fue el aéreo, utilizando helicópteros de la FAC que operaban desde el Comando Aéreo de Combate No.1, ubicado en Puerto Salgar

– Cundinamarca, y el Comando Aéreo de Combate No.4 en Melgar, hacia el lugar de la tragedia.

Los helicópteros de la Fuerza Aérea Colombiana realizaron vuelos estacionarios hasta de 20 minutos a baja altura para sacar a las víctimas que se encontraban entre lagos de lodo, logrando evacuar cerca de 3.700 personas en más de 350 horas de vuelo. En apoyo a la emergencia, la Institución también efectuó labores de abastecimiento a localidades cercanas y transportó alrededor de 32.950 kilos de carga.

En medio del dolor por la situación, este apoyo reflejó la importancia de contar con la infraestructura aérea militar, pues se constituyó en eje del rescate de miles de colombianos.

Esta es una razón suficiente para seguir incentivando la investigación y el desarrollo aeronáutico y aeroespacial del país, lo cual es solamente uno de los múltiples frentes que se deben atender.

En este sentido, el reto que enfrenta la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana es grande, pues 100 años de la FAC no indican que la tarea terminó sino que apenas empieza, y es desde la academia de donde se espera la respuesta de inno-

vacación y desarrollo para múltiples necesidades del Estado y de la nación.

Esto compromete la labor de la revista Ciencia y Poder Aéreo a 'volar más alto', alcanzando nuevas metas, ampliando su incursión en comunidades científicas globales y elevando sus estándares investigativos. Con una línea estratégica, la Revista se ha enfocado en tres secciones: Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica, Gestión y Estrategia, y Tecnología e Innovación.

Para la presente edición, los temas abordados en los artículos comprenden desde el interés de la Superioridad Aérea, pasando por la soberanía nacional, hasta temas relacionados con la navegación y el mantenimiento aeronáutico, finalizando con la exposición de investigaciones recientes en materia tecnológica.

Iniciamos con la sección de Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica, con tres artículos. El primero de ellos, resultado del trabajo de los investigadores Jimmy Anderson Florez Zuluaga, Samuel Guillermo Orozco Montero, Edinson Rolando Cardenal Moreno, Luisa María Amariles Saldarriaga y Wilmer Arley Daza Hernández, de la Fuerza Aérea Colombiana, quienes abordan un proyecto donde se comparan dos plataformas, en físico y en nube, para el sistema de reportes meteorológicos. Una importante información donde se evidencian las fortalezas de cada una de las opciones, material importante a la hora de decidir por la mejor opción para invertir frente a una necesidad de esta índole.

Luego, encontrarán las conclusiones del grupo de optómetras Jesús Daniel Gil, Jessica Alejandra Herrera y Olivia Margarita Narváez Rumie, de la Fundación Universitaria del Área Andina, quienes analizan el registro de enfermedades visuales y oculares en la Región Central de Colombia de acuerdo a los Registros Individuales de Prestación de Servicios de salud comprendidos entre los años 2013 y 2015. Necesario para la investigación de este sentido como herramienta indispensable en la labor aeronáutica.

Cerramos la sección con el escrito de los autores José David Gómez Gil y Edgar Leonardo Gómez Gómez, de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil y del Centro de Estudios Aeronáuticos respectivamente. El cual, describe el proceso de implementación de un sistema remoto de acceso de datos de navegación, desde el Aeropuerto Central de la Regional Antioquia de la Aerocivil. Aporta

la solución encontrada ante la dificultad para el acceso y la gestión de las radioayudas, dado que no se tenía un canal de conexión en tiempo real con las estaciones de la región.

Pasamos a la segunda sección, Gestión y Estrategia, con cuatro artículos. Iniciamos con un documento interesante a nivel histórico, que trae las enseñanzas desde la doctrina y la estrategia ante un caso inédito que puso tensión sobre la seguridad aérea y la soberanía nacional: el 1 de noviembre de 2013 dos aviones rusos tipo Tupolev, entre ellos el bombardero nuclear más rápido del mundo, ingresaron sin previa autorización sobre espacio aéreo nacional de Colombia. El escrito contiene el análisis y el aprendizaje alcanzado en torno a este proceso de interceptación y la toma de decisiones a nivel estratégico, conclusiones del autor Rodrigo Mezú Mina, de la Universidad de los Andes.

Continuamos con otro tema relevante a nivel geopolítico para el país. Este artículo resume algunas investigaciones realizadas sobre los conflictos armados y posconflictos, vividos por algunos países Latinoamericanos y otros a nivel global, sobre los cuales se busca evaluar las situaciones particulares que muestren los aspectos más relevantes que se pueden considerar en el proceso de construcción de paz en Colombia. Este es un análisis determinante en la toma de decisiones y los planes a ejecutar, que implican transformaciones en aspectos políticos, económicos, sociales y militares, resultado de la investigación de Abdón Estibenson Uribe Taborda, de la FAC, y Leonardo de Jesús Mesa Palacio, de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Pasamos a un escrito que describe el contexto del conflicto armado en el Caribe colombiano que incidió en las operaciones de la Fuerza Aérea entre las décadas de 1980 a 2000. El artículo describe tres procesos, el primero cuando los grupos armados y las autodefensas ilegales ganaron la iniciativa con sus exacciones. El segundo referido al nexo entre el vuelco estratégico militar, por ejemplo la Fuerza Aérea con los Black Hawk, y las dinámicas en varias zonas del Caribe. El tercer proceso establece algunos hitos que conducirían al debilitamiento de los grupos y autodefensas ilegales. Es el escrito para Ciencia y Poder Aéreo de Ricardo Esquivel Triana de la Escuela Superior de Guerra.

Y finalizamos con una reflexión acerca del concepto de la Superioridad Aérea desde la simbología

patria y lo que representa el cóndor de los Andes, dada la importancia de aquella en los intereses nacionales y la supervivencia del Estado. Un artículo de David Barrero Barrero y Carlos Enrique Álvarez Calderón de la Escuela Superior de Guerra.

Llegamos con tres documentos a la sección Tecnología e Innovación. Abrimos con un escrito de Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria, de la Fundación Universitaria Los Libertadores y Germán Wedge Rodríguez Pirateque, del Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica. Este artículo tiene como objetivo hacer un estudio de las cualidades de vuelo y manejo de una aeronave tipo planeador para propósitos de instrucción.

El segundo escrito es autoría de Jorge David Lara Ríos, Andrés Enrique López Bueno e Iván Felipe Rodríguez Barón, de la Fundación Universitaria Los Libertadores, quienes presentan un trabajo que se basa en la implementación de biomimética, específicamente en el efecto tubérculo que se presenta normalmente en el borde de ataque de las aletas pectorales de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), el cual permite aumentar su impulso por medio de la canalización del flujo. De acuerdo a ello, se analizan estas características en el vehículo hipersónico aeroespacial brasileiro (VHA 14-X B).

Y cerramos la publicación con el aporte de Nancy Esperanza Olarte López, Carlos Antonio Orrego Muñoz y Gustavo Emilio Echeverry Vásquez de la Universidad Militar Nueva Granada. A través de este artículo de investigación, los autores hacen una aproximación de cómo diseñar tipos de antenas de radio afición, de gran interés no sólo para las comunidades que conforman las ligas de radioaficionados, también en el ámbito académico, particularmente en la práctica en un sistema de comunicación y su consideración en entornos de emergencias y desastres. Esto partiendo de que, hoy en día, la radio afición es uno de los últimos recursos de comunicación en casos extremos.

De esta manera, la segunda edición del décimo cuarto volumen de la revista Ciencia y Poder Aéreo, es una contribución para la comunidad científica, que en esta oportunidad encontrará aportes para el análisis geoestratégico, el estudio meteorológico, la línea de investigación de factores humanos, la seguridad aérea y la innovación.

También, es la oportunidad para presentar esta edición como un homenaje a los cientos de oficia-

les que con su integridad, valor y coraje han revestido de honor la Fuerza Aérea Colombiana en estos primeros cien años de existencia, motivo de orgullo nacional y una de las instituciones que se une diariamente al proyecto de construir un mejor país.

Dado lo anterior, nos complace presentar la publicación Ciencia y Poder Aéreo con un contenido que representa un avance en la búsqueda de una mayor calidad científica, editorial, visibilidad e impacto. Lo cual no sería posible sin el decidido e invaluable aporte del equipo editorial, científico, profesional y técnico que nos acompaña.

TC. Wilson Augusto Jaramillo García, Director
Erika Juliana Estrada Villa, Editora

Editorial

Revista Ciência e Poder Aéreo

Volume 14 No. 2

A Revista Ciência e Poder Aéreo termina o ano de 2019 com a segunda publicação do volume 14, que encerra a celebração do centenário da Força Aérea Colombiana (FAC), sob o lema #100AñosProtegiendoLaNación.

Como força polivalente, o primeiro século é marcado por diferentes sucessos aeronáuticos em defesa da soberania nacional, da segurança do país e, principalmente, do sentido social mais profundo da instituição, pois está composta por milhares de colombianos, representando centenas de famílias com sonhos e objetivos, sendo o fator humano a essência e o motor de tudo o que empreendemos.

Um dos episódios que lembramos com tristeza e que confrontou a Força Aérea com heroísmo foi a tragédia de Armero, 34 anos atrás, quando às 23h30 do dia 13 de novembro de 1985, uma avalanche no rio Lagunilla gerada pela erupção do vulcão Arenas del Nevado del Ruiz, esta cidade de Tolima ficou enterrada, deixando um saldo de mais de 26 mil mortos. Nas horas seguintes, praticamente o único meio possível para um resgate eficaz dos sobreviventes

era o aéreo, usando helicópteros da FAC que operavam a partir do Comando Aéreo de Combate Nº 1, localizado em Puerto Salgar - Cundinamarca, e o Comando Aéreo de Combate No.4 em Melgar, em direção ao local da tragédia.

Os helicópteros da Força Aérea colombiana fizeram vôos estacionários de até 20 minutos em baixa altitude para resgatar as vítimas que estavam entre lagos de lama, evacuando cerca de 3.700 pessoas em mais de 350 horas de vôo. Em apoio à emergência, a Instituição também realizou obras de suprimento para cidades próximas e transportou cerca de 32.950 quilos de carga.

Em meio da dor da situação, esse apoio refletia a importância de contar com infraestrutura aérea militar, que se tornou no eixo de resgate de milhares de colombianos.

Essa é uma razão suficiente para continuar incentivando a pesquisa e o desenvolvimento aeronáutico e aeroespacial do país, que é apenas uma das múltiplas frentes que devem ser abordadas.

Nesse sentido, o desafio da Escola de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana é grande, pois 100 anos da FAC não indicam que a tarefa está concluída, mas está apenas começando, e é desde a escola onde se espera a resposta à inovação, e desenvolvimento para múltiplas necessidades do Estado e da nação.

Isso compromete o trabalho da revista Ciência e Poder Aéreo de “voar mais alto”, alcançando novos objetivos, expandindo sua incursão nas comunidades científicas globais e elevando seus padrões de pesquisa. Com uma linha estratégica, a Revista concentrou-se em três seções: Segurança Operacional e Logística Aeronáutica, Gerenciamento e Estratégia, e Tecnologia e Inovação.

Para a presente edição, os tópicos abordados nos artigos, vão desde o interesse da Superioridade Aérea, passando pela soberania nacional, até questões relacionadas à navegação e manutenção aeronáutica, terminando com a exposição de pesquisas recentes em questões tecnológicas.

Começamos com a seção de Segurança operacional e logística aeronáutica, com três artigos. O primeiro, resultado do trabalho dos pesquisadores Jimmy Anderson Florez Zuluaga, Samuel Guillermo Orozco Montero, Edinson Rolando Cardenal Moreno, Luisa María Amariles Saldarriaga e Wilmer Arley Daza Hernández, da Força Aérea Colombiana, que abordam um projeto em que duas plataformas são comparadas, físicas e na nuvem, para o sistema de previsão do tempo. Uma informação importante onde são evidenciados os pontos fortes de cada uma das opções, material importante ao decidir sobre a melhor opção para investir diante de tal necessidade.

Em seguida, eles encontrarão as conclusões do grupo de optometristas Jesús Daniel Gil, Jessica Alejandra Herrera e Olivia Margarita Narváez Rumie, da Fundação Universitária da Área Andina, que analisam o registro de doenças visuais e oculares na região central da Colômbia, de acordo com os registros individuais para a prestação de serviços de saúde entre 2013 e 2015. Necessário para a investigação desse sentido como ferramenta indispensável no trabalho aeronáutico.

Encerramos a seção com a redação dos autores José David Gómez Gil e Edgar Leonardo Gómez Gómez, da Unidade Administrativa Especial de Aeronáutica Civil e do Centro de Estudos Aeronáuticos, respectivamente. Ele descreve o processo de implementação de um sistema de acesso a dados de navegação remota, a partir do Aeroporto Central da Regional Antioquia de la Aerocivil. Ele fornece a solução encontrada diante da dificuldade de acesso e gerenciamento de ajudas de rádio, uma vez que não havia canal de conexão em tempo real com as estações da região.

Passamos para a segunda seção, Gerenciamento e Estratégia, com quatro artigos. Começamos com um documento interessante em nível histórico, que leva os ensinamentos da doutrina e da estratégia perante um caso sem precedentes que enfatizou sobre a segurança aérea e a soberania nacional: no dia 1º de novembro de 2013, dois aviões russos do tipo Tupolev, incluindo o bombardeiro nuclear mais rápido do mundo, entraram sem autorização prévia no espaço aéreo nacional da Colômbia. O artigo contém as análises e aprendizados alcançados em torno desse processo de interceptação e a tomada de decisões estratégicas, conclusões do autor Rodrigo Mezú Mina, da Universidade dos Andes.

Continuamos com outra questão relevante em nível geopolítico para o país. Este artigo resume algumas pesquisas realizadas sobre conflitos armados e pós-conflito, vivenciadas por alguns países latino-americanos e outros em nível global, nas quais se busca avaliar situações particulares que mostram os aspectos mais relevantes que podem ser considerados no processo de construção da paz na Colômbia. Trata-se de uma análise decisiva na tomada de decisões e os planos a serem executados, que implicam transformações em aspectos políticos, econômicos, sociais e militares, resultado da investigação de Abdón Estibenson Uribe Taborda, da FAC, e Leonardo de Jesus Mesa Palacio, da Universidade Tecnológica de Pereira.

Passamos a um artigo que descreve o contexto do conflito armado no Caribe colombiano que afetou as operações da Força Aérea entre as décadas de

1980 a 2000. O artigo descreve três processos, o primeiro quando os grupos armados e as autodefesas ilegais venceram a iniciativa com suas ações. O segundo refere-se à ligação entre a derrubada militar estratégica, por exemplo, a Força Aérea com os Black Hawks e as dinâmicas em várias áreas do Caribe. O terceiro processo estabelece alguns sucessos que levariam ao enfraquecimento de grupos ilegais e grupos de autodefesa. É a redação para Ciência e Poder Aéreo de Ricardo Esquivel Triana da Escola Superior de Guerra.

E concluímos com uma reflexão sobre o conceito da superioridade aérea a partir do simbolismo nacional e o que o condor dos Andes representa, dada a sua importância nos interesses nacionais e a sobrevivência do Estado. Artigo de David Barrero Barrero e Carlos Enrique Álvarez Calderón, da Escola Superior de Guerra.

Chegamos com três documentos à seção Tecnologia e Inovação. Começamos com um artigo de Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria, da Fundação Universitária Los Libertadores e Germán Wedge Rodríguez Pirateque, do Centro Tecnológico de Inovação Aeronáutica. Este artigo tem como objetivo estudar as qualidades de voo e manejo de uma aeronave do tipo planador para fins instrucionais.

O segundo artigo é de autoria de Jorge David Lara Ríos, Andrés Enrique López Bueno e Iván Felipe Rodríguez Barón, da Fundação Universitária Los Libertadores, que apresentam um trabalho baseado na implementação de bio-mimética, especificamente no efeito tubérculo que normalmente ocorre no bordo de ataque das barbatanas peitorais da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), que aumenta o seu impulso através da canalização do fluxo. Nesse sentido, essas características são analisadas no veículo hipersônico aeroespacial brasileiro (VHA 14-X B).

E encerramos a publicação com a contribuição de Nancy Esperanza Olarte López, Carlos Antonio Orrego Muñoz e Gustavo Emilio Echeverry Vásquez, da Universidade Militar Nova Granada. Através deste artigo de pesquisa, os autores fazem uma aproximação de como fazer o design de tipos de antenas de rádio hobby, de grande interesse, não apenas para as comunidades que compõem as ligas de rádioamador, também no campo acadêmico, particularmente na prática num sistema de comunicação e sua consideração em ambientes de emergências e desastres. Isso se baseia no fato de que, atualmen-

te, o hobby de rádio é um dos últimos recursos de comunicação em casos extremos.

Dessa forma, a segunda edição do décimo quarto volume da revista Ciência e Poder Aéreo, é uma contribuição à comunidade científica, que nesta oportunidade encontrará contribuições para análises geoestratégicas, estudos meteorológicos, linha de pesquisa de fatores humanos, Segurança aérea e inovação.

Além disso, é a oportunidade de apresentar esta edição como uma homenagem às centenas de oficiais que, com sua integridade, valor e coragem, colmaram de honra a Força Aérea Colombiana, nesses primeiros cem anos de existência, motivo de orgulho nacional e uma das instituições que se junta ao projeto para construir um país melhor diariamente.

Diante do exposto, temos o prazer de apresentar a publicação Ciência e Poder Aéreo com conteúdo que representa um avanço na busca por maior qualidade científica, editorial, visibilidade e impacto, o que não seria possível sem a contribuição determinada e inestimável da equipe editorial, científica, profissional e técnica que nos acompanha.

TC. Wilson Augusto Jaramillo García, Diretor
Erika Juliana Estrada Villa, Editora

Editorial

Ciencia y Poder Aéreo Journal

Volume 14 No. 2

The Journal Science and Air Power ends the year 2019 with the second publication of volume 14 that closes the celebration of the centenary of the Colombian Air Force (FAC), under the motto #100AñosProtegiendoLaNación.

As a Multipurpose Force, the first century is marked by different aeronautical milestones in defense of national sovereignty, the security of the country, and especially from the deepest social sense of the Institution, as it is made up of thousands of Colombians representing hundreds of families with dreams and goals, the human factor being the essence and engine of everything we undertake.

One of the episodes that we remember with sadness and that confronted the Air Force with heroism was the tragedy of Armero, 34 years ago, when at 11:30 p.m. on November 13, 1985, an avalanche in the Lagunilla river generated by the eruption from the Arenas volcano of the Nevado del Ruiz, buried this Tolima town, leaving a balance of more than 26 thousand dead. In the following hours practically the only possible means for an effective rescue of the survivors was the air, using FAC helicopters that operated from the Air Combat Command No.1, located in Puerto Salgar - Cundinamarca, and the Air Combat Command No.4 in Melgar, towards the place of tragedy.

The Colombian Air Force helicopters made stationary flights of up to 20 minutes at low altitude to take out the victims that were between mud lakes, evacuating about 3,700 people in more than 350 flight hours. In support of the emergency, the Institution also carried out supply works to nearby towns and transported around 32,950 kilos of cargo.

Amid the pain of the situation, this support reflected the importance of having military air infrastructure, as it became the axis of the rescue of thousands of Colombians.

This is a sufficient reason to continue encouraging the aeronautical and aerospace research and development of the country, which is only one of the multiple fronts that must be addressed.

In this sense, the challenge the Postgraduate School of the Colombian Air Force is facing is great, since 100 years of the FAC do not indicate that the task is finished but that it is just beginning, and it is from the academy where the innovation response and development for multiple needs of the State and the nation is expected.

This commits the work of the Science and Air Power Journal to 'fly higher', reaching new goals, expanding its foray into global scientific communities and

raising its research standards. With a strategic line, the Journal has focused on three sections: Operational Safety and Aeronautical Logistics, Management and Strategy, and Technology and Innovation.

For the present edition, the topics addressed in the articles range from the interest of the Air Superiority, through national sovereignty, to issues related to navigation and aeronautical maintenance, ending with the exposition of recent research in technological matters.

We started with the section of Operational Safety and Aeronautical Logistics, with three articles. The first one, the result of the work of researchers Jimmy Anderson Florez Zuluaga, Samuel Guillermo Orozco Montero, Edinson Rolando Cardenal Moreno, Luisa María Amariles Saldarriaga and Wilmer Arley Daza Hernández, of the Colombian Air Force, who approach a project where two platforms are compared, in physical and cloud, for the weather report system. An important information where the strengths of each of the options are evidenced, important material when deciding on the best option to invest in the face of such a need.

Then, they the conclusions of the group of optometrists Jesús Daniel Gil, Jessica Alejandra Herrera and Olivia Margarita Narváez Rumie, of the Universidad del Área Andina can be found, who analyze the registry of visual and ocular diseases in the Central Region of Colombia according to the Individual Registries for the Provision of Health Services between 2013 and 2015. Necessary for the investigation of this sense as an indispensable tool in aeronautical work.

We close the section with the writings of the authors José David Gómez Gil and Edgar Leonardo Gómez Gómez, of the Special Administrative Unit of Civil Aviation and the Center for Aeronautical Studies respectively. Which describes the process of implementing a remote navigation data access system, from the Central Airport of the Regional Antioquia of the Aerocivil. It provides the solution found in view of the difficulty in accessing and managing radio aids, since there was no real-time connection channel with the stations in the region.

We move on to the second section, Management and Strategy, with four articles. We begin with an interesting document at the historical level, which brings the teachings from doctrine and strategy to an unprecedented case that put stress on air safety

and national sovereignty: on November 1, 2013, two Russian Tupolev-type planes, including the Fastest nuclear bomber in the world, entered without prior authorization on national airspace of Colombia. The paper contains the analysis and learning achieved around this process of interception and strategic decision-making, conclusions of the author Rodri-go Mezú Mina, of the Universidad de los Andes.

We continue with another relevant issue at the geopolitical level for the country. This article summarizes some research carried out on armed conflicts and post-conflict, experienced by some Latin American countries and others on a global level, on which it is sought to evaluate the particular situations that show the most relevant aspects that can be considered in the peacebuilding process. In Colombia. This is a decisive analysis in the decision-making and the plans to be executed, which imply transformations in political, economic, social and military aspects, the result of the investigation of Abdón Estibenson Uribe Taborda, of the FAC, and Leonardo de Jesús Mesa Palacio, of the Technological University of Pereira.

We turn to a paper that describes the context of the armed conflict in the Colombian Caribbean that affected the operations of the Air Force between the decades of 1980 to 2000. The article describes three processes, the first when the armed groups and the illegal self-defenses won the initiative with its exactions. The second referred to the link between the strategic military overturn, for example the Air Force with the Black Hawks, and the dynamics in several areas of the Caribbean. The third process establishes some milestones that would lead to the weakening of illegal groups and self-defense groups. It is the writing for Science and Air Power of Ricardo Esquivel Triana of the Superior School of War.

And we conclude with a reflection on the concept of Air Superiority from the national symbolism and what the condor of the Andes represents, given its importance in national interests and the survival of the State. An article by David Barrero Barrero and Carlos Enrique Álvarez Calderón of the Superior School of War.

We arrived with three documents to the Technology and Innovation section. We open with a letter from Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria, from the Libertadores University Foundation and Germán

Wedge Rodríguez Pirateque, from the Aeronautical Innovation Technology Center. This article aims to study the flight and handling qualities of a glider type aircraft for instructional purposes.

The second paper is authored by Jorge David Lara Ríos, Andrés Enrique López Bueno and Iván Felipe Rodríguez Barón, of the Libertadores University Foundation, who present a work based on the implementation of biomimetics, specifically on the tubercle effect that normally occurs at the leading edge of the pectoral fins of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*), which increases its momentum through the channeling of the flow. Accordingly, these characteristics are analyzed in the Brazilian aerospace hypersonic vehicle (HAV 14-X B).

And we close the publication with the contribution of Nancy Esperanza Olarte López, Carlos Antonio Orrego Muñoz and Gustavo Emilio Echeverry Vásquez of the Nueva Granada Military University. Through this research article, the authors make an approximation of how to design types of radio hobby antennas, of great interest not only to the communities that make up the amateur radio leagues, also in the academic field, particularly in practice in a communication system and its consideration in emergency and disaster environments. This is based on the fact that, today, the radio hobby is one of the last communication resources in extreme cases.

In this way, the second edition of the fourteenth volume of the Science and Air Power Journal, is a con-

tribution to the scientific community, which in this opportunity will find contributions for geostrategic analysis, meteorological study, the line of human factors research, Air safety and innovation.

Also, it is the opportunity to present this edition as a tribute to the hundreds of officers who with their integrity, bravery and courage have honored the Colombian Air Force in these first hundred years of existence, a reason for national pride and one of the institutions which joins the project to build a better country daily.

Given the above, we are pleased to present the publication Science and Air Power with content that represents a breakthrough in the search for greater scientific, editorial, visibility and impact quality. Which would not be possible without the determined and invaluable contribution of the editorial, scientific, professional and technical team that accompanies us.

TC. Wilson Augusto Jaramillo García, Director
Erika Juliana Estrada Villa, Editor

Operational Safety and Aeronautical Logistics

Jimmy Anderson Flórez Zuluaga
Fuerza Aérea
Colombiana

Samuel Guillermo Orozco Montero
Fuerza Aérea
Colombiana

Wilmer Arley Daza Hernández
Fuerza Aérea
Colombiana

Edinson Rolando Cardenal Moreno
Fuerza Aérea
Colombiana

Luisa María Amariles Saldarriaga
Fuerza Aérea
Colombiana

A Comparison of the Implementation of Traditional and Cloud-Based Platforms: Meteorological Report System *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 20-45

Citación: Flórez, J., Orozco, S., Daza, W., Cardenal, E. y Amariles, L. (2019). Comparación de la implementación en plataformas tradicionales y en nube: sistema de reportes meteorológicos. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 20-45. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.632>

Jimmy Anderson Flórez Zuluaga

Jefe del Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa. Ingeniero Electrónico, Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación, Doctor en Ingeniería.
Jimmy.florez@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001488683#
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-1000>

Samuel Guillermo Orozco Montero

Especialista en Innovación Tecnológica. Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones, Especialista en Sistemas De Información Geográfica, Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
samuel.orozco@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001521597
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5862-0099>

Wilmer Arley Daza Hernández

Ingeniero Técnico asistente en desarrollo tecnológico. Ingeniero Electrónico, Especialista en seguridad informática.
Wilmer.daza@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001540526
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-7555-7124>

Edinson Rolando Cardenal Moreno

Especialista en guerra electrónica. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
edinson.cardenal@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001521519
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4454-6887>

Luisa María Amariles Saldarriaga

Ingeniera desarrolladora. Ingeniera Electrónica, Especialista en Seguridad Informática, candidata a Magister en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
luisamariles93@gmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001647413
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9316-0972>

Doi:
<https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.632>

Abstract

When developing an Information and Communications Technology (ICT) project, critical infrastructure represents significant costs. One must also consider issues such as latency of intercommunication, scalability and stability of real-time processing. These issues can make researchers doubt when it comes to deciding whether to use cloud computing architecture or traditional architecture in a project, a choice that affects the budget and the viability of the process. With the aim of supporting this type of analysis and facilitating the choice of structure to implement, this article presents a case study where a real-time meteorological analysis project was used on both platforms at the same time, and where performance of cloud technologies versus physical technologies was assessed. This work describes the operating systems, advantages and characteristics of both approaches. These data can provide a basis for the choice of one alternative over the other, according to the requirements of the project. In order to assess the project, it was implemented on on-premise platforms and on cloud computing platforms; this

made it possible to compare both technologies and determine differences in their infrastructure, safety, performance and reliability. To implement the model, a traditional virtualization model was used, using the Esxi 6.0 Hypervisor from VMware. For the Cloud infrastructure, Microsoft Azure was used for virtualization.

Key Words:

Information Technology, Virtualization, Server, VMware, Cloud Computing, Azure.

*Research article based on the project "Meteorological alert visualization system", under code SIVAM2019. Attached to Research Group Center for the Development of Aerospace Technology for Defense - CETAD. Funded by the Colombian Air Force.

Jimmy Anderson Flórez Zuluaga
Fuerza Aérea
Colombiana

Samuel Guillermo Orozco Montero
Fuerza Aérea
Colombiana

Wilmer Arley Daza Hernández
Fuerza Aérea
Colombiana

Edinson Rolando Cardenal Moreno
Fuerza Aérea
Colombiana

Luisa María Amariles Saldarriaga
Fuerza Aérea
Colombiana

Comparação da implementação em plataformas tradicionais e em nuvem: sistema de reportes meteorológicos *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 20-45

Citación: Flórez, J., Orozco, S., Daza, W., Cardenal, E. y Amariles, L. (2019). Comparación de la implementación en plataformas tradicionales y en nube: sistema de reportes meteorológicos. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 20-45. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.632>

Jimmy Anderson Flórez Zuluaga

Jefe del Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa. Ingeniero Electrónico, Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación, Doctor en Ingeniería.
Jimmy.florez@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001488683#
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-1000>

Samuel Guillermo Orozco Montero

Especialista en Innovación Tecnológica. Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones, Especialista en Sistemas De Información Geográfica, Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
samuel.orozco@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001521597
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5862-0099>

Wilmer Arley Daza Hernández

Ingeniero Técnico asistente en desarrollo tecnológico. Ingeniero Electrónico, Especialista en seguridad informática.
Wilmer.daza@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001540526
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-7555-7124>

Edinson Rolando Cardenal Moreno

Especialista en guerra electrónica. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
edinson.cardenal@fac.mil.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001521519
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4454-6887>

Luisa María Amariles Saldarriaga

Ingeniera desarrolladora. Ingeniera Electrónica, Especialista en Seguridad Informática, candidata a Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
luisamariles93@gmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001647413
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9316-0972>

Doi:
<https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.632>

Resumo

A infraestrutura crítica aporta custos importantes no desenvolvimento de um projeto de Tecnologias da Informação e as Comunicações (TIC), além de problemas como a latência na intercomunicação, a escalabilidade e a estabilidade de processos em tempo real, os quais podem gerar dúvidas nos pesquisadores na hora de determinar o uso de arquiteturas na nuvem ou tradicionais em um projeto; critério que afeta o orçamento e a viabilidade do processo. Com o fim de apoiar este tipo de análise e facilitar a escolha da estrutura a ser implementada, neste trabalho se propõe um caso de estudo no que se utilizou um projeto sobre análise meteorológica em tempo real, em ambas as plataformas de maneira paralela e avaliou-se o desempenho das tecnologias na nuvem versus as físicas. No trabalho se descrevem os sistemas operativos, facilidades

e características de ambas as aproximações, para que sirvam de base na escolha de uma ou outra alternativa, de acordo com as necessidades do projeto. Para a avaliação, o projeto foi implementado em plataformas em sitio e em plataformas de *cloud computing*, o que permitiu realizar uma comparação entre ambas as tecnologias, determinando diferenças em sua infraestrutura, segurança, rendimento e fiabilidade. Para a implementação, utilizou-se modelo de virtualização tradicional, usando o Hipervisor Esxi 6.0 da empresa VMware, e para a infraestrutura Cloud, utilizou-se Microsoft Azure para a virtualização.

Palavras chave:

information technology, virtualization, server, VMware, cloud computing, Azure.

*Artigo de pesquisa, derivado do projeto: "Sistema de Visualização de Alertas Meteorológicas" com o código SIVAM2019. Adscrito ao Grupo de Pesquisa Centro de Desenvolvimento Tecnológico Aeroespacial para a Defesa - CETAD. Financiado pela Força Aérea Colombiana.

Jimmy Anderson Flórez Zuluaga Fuerza Aérea Colombiana	Samuel Guillermo Orozco Montero Fuerza Aérea Colombiana	Wilmer Arley Daza Hernández Fuerza Aérea Colombiana
Edinson Rolando Cardenal Moreno Fuerza Aérea Colombiana	Luisa María Amariles Saldarriaga Fuerza Aérea Colombiana	

Comparación de la implementación en plataformas tradicionales y en nube: sistema de reportes meteorológicos *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 20-45

Citación: Flórez, J., Orozco, S., Daza, W., Cardenal, E. y Amariles, L. (2019). Comparación de la implementación en plataformas tradicionales y en nube: sistema de reportes meteorológicos. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 20-45.
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.632>

Jimmy Anderson Flórez Zuluaga

Jefe del Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa. Ingeniero Electrónico, Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación, Doctor en Ingeniería.
Jimmy.florez@fac.mil.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001488683#
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-1000>

Samuel Guillermo Orozco Montero

Especialista en Innovación Tecnológica. Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones, Especialista en Sistemas De Información Geográfica, Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
samuel.orozco@fac.mil.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001521597
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5862-0099>

Wilmer Arley Daza Hernández

Ingeniero Técnico asistente en desarrollo tecnológico. Ingeniero Electrónico, Especialista en seguridad informática.
Wilmer.daza@fac.mil.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001540526
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7555-7124>

Edinson Rolando Cardenal Moreno

Especialista en guerra electrónica. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
edinson.cardenal@fac.mil.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001521519
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4454-6887>

Luisa María Amariles Saldarriaga

Ingeniera desarrolladora. Ingeniera Electrónica, Especialista en Seguridad Informática, candidata a Magíster en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
luisamariles93@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001647413
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9316-0972>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.632>

Resumen

La infraestructura crítica, aporta costos importantes en el desarrollo de un proyecto de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC); además de problemas como la latencia en la intercomunicación, la escalabilidad y la estabilidad de procesos en tiempo real, los cuales pueden generar dudas en los investigadores a la hora de determinar el uso de arquitecturas en la nube o tradicionales en un proyecto, criterio que afecta el presupuesto y la viabilidad del proceso. Con el fin de apoyar este tipo de análisis y facilitar la escogencia de la estructura a implementar, en este trabajo se propone un caso de estudio en el que se utilizó un proyecto sobre análisis meteorológico en tiempo real, en ambas plataformas de manera paralela y se evaluó el desempeño de las tecnologías en la nube versus las físicas. En el trabajo se describen los sistemas operativos,

facilidades y características de ambas aproximaciones, para que sirvan de base en la elección de una u otra alternativa de acuerdo con las necesidades del proyecto. Para la evaluación, el proyecto fue implementado en plataformas en sitio y en plataformas de *cloud computing*, lo que permitió realizar una comparación entre ambas tecnologías, determinando diferencias en su infraestructura, seguridad, rendimiento y fiabilidad. Para la implementación se utilizó modelo de virtualización tradicional, usando el Hipervisor Esxi 6.0 de la empresa VMware, y para la infraestructura Cloud, se utilizó Microsoft Azure para la virtualización.

Palabras clave:

tecnologías de información, virtualización, servidor, VMware, cloud computing, Azure.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

*Artículo de investigación, derivado del proyecto: “Sistema de Visualización de Alertas Meteorológicas” con el código SIVAM2019. Adscrito al Grupo de Investigación Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa – CETAD. Financiado por Fuerza Aérea Colombiana.

Introducción

Las tecnologías de la información y las comunicaciones son un pilar fundamental en los procesos distribuidos, debido a que han permitido que la información y los procesos se pueda descentralizar y que de acuerdo al requerimiento de un proceso sea posible interconectar varios sistemas o máquinas independiente de la ubicación, y la capacidad específica de una máquina, permitiendo mejorar el acceso a la información y la ejecución de procesos a través de sistemas de virtualización como se describe en [1]. Este tipo de sistemas bajo arquitecturas en la nube o arquitecturas tradicionales han sido evaluadas, en diferentes aproximaciones como [2]-[6], donde se aborda análisis de estas arquitecturas aplicadas a bases de datos, simulaciones, sistemas ERP (Planeamiento de Recursos para la Empresa), y sistemas geofísicos como el que se incluirá en este artículo.

Uno de los problemas que se aborda en esta investigación, desde su aspecto más general, es en la definición de la arquitectura en el desarrollo de un proyecto TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), que involucran sistemas de fusión de datos con subsistemas heterogéneos, donde se deben tener bases para escoger que tipo de arquitectura se debe usar, en relación con costos, retardos, seguridad y soporte, además claro de definir la posibilidad y el comportamiento de sistemas de análisis en Tiempo Real (TR) sobre plataformas en la nube.

Ya que las formas en las que se procesa la información han cambiado radicalmente, a causa de los avances en el hardware informático y a las novedosas características que estas tecnologías ofrecen tales como la capacidad para consolidar múltiples sistemas operativos virtuales en una misma computadora, o la posibilidad de multiplicar las máquinas sobre un mismo hardware. [7] En los diferentes sistemas de virtualización, la Máquina Virtual (abreviado VM en inglés,) es contenida en un servidor, por lo cual las características de las máquinas virtuales están limita-

das a la capacidad física del hardware en el que se encuentra instalada. Por lo anterior, se debe visionar el crecimiento del proyecto o proceso y las características de procesamiento y almacenamiento requeridas con el fin de proyectar adecuadamente la arquitectura de virtualización tradicional y de virtualización en la nube requerida y planteada.

Esto ha generado la evolución de nuevas tendencias tecnológicas mundiales como son los sistemas de virtualización en la nube [8], procesos de inteligencia de negocios y motores de bases de datos cada vez, más eficientes. Además de los procesos relacionados con máquinas virtuales, en las arquitecturas en la nube, la consulta de información a nivel global puede ser realizada por grandes motores de bases de datos que pueden o no estar en la misma ubicación pero que están interconectados formando una infraestructura independiente de la infraestructura propia de la empresa. Estos aplicativos brindan una gran ventaja en la generación de conocimiento a través del procesamiento de grandes cantidades de información en cortos periodos de tiempo, con infraestructura escalable y flexible, utilizando técnicas de extracción, transformación y carga de información para la generación de reportes.

Este artículo presenta la descripción de la infraestructura y explica el funcionamiento de un prototipo de sistema de reportes meteorológicos. Este prototipo fue seleccionado para el artículo porque integra, diferentes máquinas virtuales usadas en procesos de extracción de datos de imágenes meteorológicas satelitales [9]-[11][12], sensores radar y otras fuentes que proporcionan información climatológica [13], además de datos de modelos numéricos como el WRF (sistema de cálculo numérico para simulación atmosférica) descritos en [10][11], para la información de variables como el viento, todo esto integrado en tiempo real, utilizando sistemas de inteligencia artificial para la automatización de los procesos de clasificación e identificación de formaciones.

Toda esta información se integra en bases de datos y sistema de BI para los reportes y análisis, creados basados en el *know how* operacional y las necesidades del sistema aeronáutico, generando predicciones a corto plazo *"Now Casting"*.

Además se describe la implementación del sistema de reportes meteorológicos con sistemas de virtualización tradicional gestionados por la plataforma VMware vsphere [14] y con sistemas de virtualización en la nube gestionados por Microsoft Azure [15]. Finalmente, se realiza una comparación del rendimiento del sistema en ambas tecnologías para determinar cuál se adapta en términos de la estabilidad, el costo, la capacidad, el mantenimiento, el soporte y los costos de operación o la seguridad de la información para la compañía.

Para el caso de estudio, se analizará el costo y el comportamiento de los servicios necesarios para el procesamiento y extracción de la información y su comportamiento en tiempo real, con el fin de comparar el desempeño de tecnologías en la nube versus tecnologías tradicionales. El objetivo principal fue evaluar cuál de las infraestructuras de virtualización es más efectiva para un proyecto de características similares a las del sistema de reportes meteorológicos, a partir de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas. El objetivo secundario fue establecer las ventajas y desventajas de estas plataformas con respecto a la infraestructura en sitio.

En el artículo se presentan inicialmente unos conceptos previos y definiciones necesarias para la comprensión del tema donde se explican las tecnologías y las clases de servicios existentes. Posterior, se desarrolla el caso de estudio donde se describe el funcionamiento general y se describe la arquitectura de máquinas necesarias para el funcionamiento del sistema. En este punto se describe la composición del sistema en tecnologías clásicas y en tecnología en la nube. Se finaliza con una comparación de los resultados y las conclusiones.

Estado del arte y conceptos

La gestión del tráfico aéreo está determinada por cada país, mediante entidades con la función de control del espacio aéreo. Para el caso colombiano la autoridad aérea se comparte entre la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC) y la Fuerza Aérea Colombiana (FAC). Cada entidad debe contar con un sistema de apoyo para la navegación, la vigilancia y las comunicaciones que permitan la gestión segura de los vuelos, denominado CNS/ATM en el caso de la UAEAC y sistema de comando y control para la FAC.

A nivel mundial la tendencia es tener sistemas que integren información de diferente índole, con el fin de optimizar el uso del espacio aéreo y disminuir los riesgos. Los sistemas más modernos que han integrado sistemas de fusión de datos aeronáuticos para la gestión del tránsito aéreo son en Europa SESAR "Single European Sky Air traffic Research system" y Estados Unidos el NextGen "Next Generation Air Transport System". Ambos tienen como objetivo integrar e implementar nuevas tecnologías que mejoren la gestión del tráfico aéreo, utilizando una mayor automatización con nuevos procedimientos para lograr mayores beneficios que se vean reflejados en la seguridad, economía, uso, impacto ambiental y en la capacidad de mitigar riesgos [16]-[19][20]. La principal característica de estos es la optimización de la planificación y ejecución del sistema de tránsito aéreo.

Para mejorar la gestión del tráfico aéreo, los autores identifican cinco áreas clave que son: credibilidad de seguridad, concepto operativo, factibilidad tecnológica, beneficios y costos, y rutas de transición. Para garantizar estos aspectos, sistemas de información de apoyo como los sistemas de análisis meteorológico, cada vez cobran mayor importancia.

En Colombia, la UAEAC tiene el compromiso de garantizar la seguridad en el transporte aéreo a través de la normatividad y tecnologías que beneficien la operación aérea donde se incluyen sistemas de

apoyo, de acceso público como los datos meteorológicos. Para la toma de decisiones existen expertos que apoyan con su concepto de manera manual en el desarrollo de las operaciones aéreas. Gracias a las herramientas TIC, se ha buscado automatizar procesos de análisis para mitigar riesgos. El seguimiento y análisis de sistemas meteorológicos, usando herramientas de inteligencia artificial es ampliamente usado en apoyo en el CNS/ATM (SESAR y NEXTGEN) asimismo, en el seguimiento de huracanes [21] donde se desarrolla un sistema para determinar los vientos y su afectación en estos fenómenos. Otro ejemplo es [22], donde se expone un trabajo sobre el sistema de medición y reportes de turbulencia *in situ* del programa de investigación del tiempo, de la FAA (Administración Federal de Aviación).

Para que estos sistemas funcionen, deben contar con arquitecturas que requieren gran cantidad de recursos de cómputo y de infraestructuras complejas orientadas a los servicios como se describe en [10], [23]. Estas arquitecturas en general, implican costos importantes para los sistemas, pueden ser soportadas en tecnologías en sitio utilizando sistemas de virtualización y clusterización o en sistemas basados en la nube, lo que implica grandes dilemas y oportunidades para la compañía como se describe en [24] o en [25], donde se muestran estos retos, las características, ventajas y desventajas de las tecnologías.

Para esta investigación, se abordarán tecnologías de virtualización tradicional y en la nube. En el caso de tecnologías tradicionales, la arquitectura se basa en sistemas virtualizados. La virtualización es una tecnología diseñada a finales de los años 90 [1] con múltiples aplicaciones como las descritas en [14], [26]-[31]. Esta describe sistemas de virtualización con recursos distribuidos en los que se puede usar un hardware para la creación de instancias virtuales que puedan compartir de manera lógica características como almacenamiento, memoria RAM, procesamiento, puertos de red, puertos USB, dispositivos periféricos, entre otros.

La creación de esta tecnología ha permitido que no sea necesario tener una máquina física por cada sistema operativo que se desee instalar, disminuyendo la cantidad de equipos, reduciendo costos en compra, mantenimiento de hardware y consumo de energía eléctrica como lo explica la empresa de virtualización VMware en [14].

Además de las ventajas mencionadas la virtualización ofrece beneficios a las organizaciones al reducir costos en adquisición, espacio, e infraestructura requerida en los datacenter, además de ofrecer escalabilidad y agilidad en la administración de la infraestructura. Según [32], los tipos de virtualización existentes son:

- a. **Virtualización de servidores.** Un servidor funcionando con un solo sistema operativo podría estar subutilizado, porque sus características de hardware están diseñadas para grandes volúmenes de procesamiento, por lo que la mejor opción es instalar varios sistemas operativos sobre ese equipo físico utilizando sistemas operativos hipervisores bare-metal como lo define en su estructura VMware expuesto en [33]. Esta instalación permite aprovechar al máximo las características del servidor, porque si bien las máquinas virtuales comparten los recursos físicos del equipo, cada una de ellas es completamente independiente y funciona con los recursos que le fueron asignados sin tomar en ningún momento recursos asignados a las máquinas vecinas como se explica en el artículo de "Hypervisor: A Survey on Concepts and Taxonomy" descrito en [34].
- b. **Virtualización de Redes.** Consiste en implementar una red de cómputo de manera digital, que cumpla con las mismas características que usa una red física, implementando de manera lógica switches, routers, firewalls, VPN (red privada virtual o túnel), entre otros como se describe en [35].
- c. **Virtualización de Almacenamiento.** Con el au-

mento en la cantidad de datos que almacenan las organizaciones, se hace necesario implementar sistemas de almacenamiento definido por software SDS, que permite la abstracción de los discos del servidor y los almacena en dispositivos de almacenamiento en red como NAS (almacenamiento conectado en red) o en una red de área de almacenamiento SAN (almacenamiento en red de área), teniendo en cuenta que este tipo de infraestructura es usado en plataformas de hiperconvergencia como se expone en [36] "Hyperconverged Infrastructure for Dummies" y en [37].

- d. **Virtualización de Escritorios.** La implementación de escritorios virtualizados gestionados, permite acceder remotamente al escritorio de una estación, reduce costos y permite que el administrador tenga sus recursos optimizados sin importar la ubicación geográfica del usuario de dicho escritorio como se expone en [38].

Con el auge de las TIC, los centros de cómputo han migrado a infraestructura en la nube o computación en la nube (Cloud computing, por sus siglas en inglés). Esta tecnología hace referencia a los servicios e infraestructuras que pueden ser usados en la red, permitiendo que los límites de los centros de cómputo que se requiere solo se limite al valor del presupuesto disponible. En esta tecnología, los proveedores de servicio son quienes proporcionan centros de cómputo informáticos como un servicio o como una infraestructura de datos y de cómputo, permitiendo a los usuarios definir las características que requieren para implementar sus proyectos, disminuyendo en gran cantidad los costos de adquisición de equipos, mantenimiento y consumo de energía, además de contar con un robusto sistema de seguridad de la información como lo describe el Instituto de Ciberseguridad de España en [39]. En general, se puede decir que el *cloud computing* está compuesto por tres capas, como se muestra en la Figura 1.

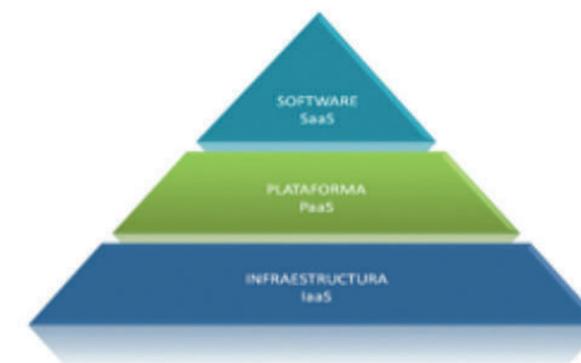


Figura 1. Capas de cloud computing. Fuente: <http://cloud-america.com>

- a. **Software Como Servicio (SaaS).** El software como servicio (Software as a service SaaS, por sus siglas en inglés) define la arquitectura de software, evitando que sea necesario instalar y ejecutar aplicaciones en equipos físicos, permitiendo que no sea necesario el mantenimiento de software, reduce costos de operación y soporte sobre el software como lo expone la Junta de Ciencias para la Computación y las Telecomunicaciones (GESJ Computer Science and Telecommunications) [40].
- b. **Plataforma Como Servicio (PaaS).** La plataforma como servicio (Platform as a service PaaS, por sus siglas en inglés) es una plataforma de cómputo que provee soluciones como servicio, esta plataforma administra y soporta software y aplicaciones desde la nube, reduciendo costos en la compra de software o hardware necesarios para la implementación de la aplicación como lo detalla la compañía proveedora de software de código abierto RedHat Inc. en [36], [41], [42].
- c. **Infraestructura Como Servicio (IaaS).** La infraestructura como servicio (infraestructura as a service, por sus siglas en inglés) es la encargada de entregar la infraestructura de cómputo requerida por la organización como un servicio,

virtualizando la máquina de acuerdo a las características requeridas por el cliente como lo explica Microsoft Azure Infrastructure-as-a-Service (IaaS) Overview en [43].

Otra tecnología que se está abriendo paso y que vale la pena ser considerada es la hiperconvergencia.

Hiperconvergencia. La hiperconvergencia es la mezcla de componentes físicos de una infraestructura, servidores, almacenamiento y equipos de red en un único dispositivo el cual es administrado por software descrito en [36]. Los sistemas hiperconvergentes usan la inteligencia de software para desglosar silos de almacenamiento y procesamiento que permiten ejecución y gestión en la plataforma del servidor, reduciendo procesos ineficientes lo que acelera el procesamiento, rendimiento y almacenamiento en un único entorno de gestión y administración.

La ventaja de usar sistemas hiperconvergentes en la organización deriva en la reducción de costos, además ofrece fiabilidad, disponibilidad, rendimiento y es escalable como lo afirma Gartner en [44][45].

Metodología

En este artículo se pretende comparar el desempeño de un sistema complejo, entre tecnologías de virtualización tradicional contra tecnologías *cloud*. Se escogió este sistema ya que es un sistema que integra diferentes tecnologías todas heterogéneas, sistemas en Linux, bases de datos, sistemas web, todos intercambiando datos en TR a través de protocolos UDP, lo que permitió evaluar en el caso de estudio, el comportamiento de ambas tecnologías paralelamente, con sistemas complejos y TR. Además, el prototipo seleccionado, tiene en su arquitectura variedad de máquinas y sistemas operativos para validar la flexibilidad y estabilidad de las tecnologías a evaluar. El sistema escogido fue el sistema de reportes meteorológicos, que consiste en una tecnología desarrollada por ingenieros de la FAC que, en tiempo real, procesa, interpreta e

integra, diversas fuentes meteorológicas a través de técnicas de inteligencia artificial, en un motor de base de datos. Con base en esta información se implementan cuadros de mando para analizar la evolución de las condiciones de riesgo que presentan las formaciones meteorológicas en el espacio aéreo colombiano, dentro del proceso de comando y control aéreo, para el apoyo en la toma de decisiones en el desarrollo de operaciones aéreas. Este sistema requiere de alta disponibilidad, alto desempeño y rendimiento para funcionar de manera adecuada.

Para garantizar la objetividad de las observaciones realizadas, se describen los sistemas y máquinas requeridas para el caso de estudio. También, se explican las arquitecturas de red en cada tecnología.

Para el proceso del desarrollo del experimento, se implementó paralelamente las máquinas descritas con el fin de contar con un prototipo funcional idéntico en ambas tecnologías una en la nube y otra *"in house"* es decir tradicional. Para este ejercicio se montó desde cero una a una las máquinas en ambas infraestructuras y se tuvieron funcionando paralelamente durante 15 días. Durante ese tiempo se verificó el comportamiento de los prototipos diariamente. Para poder validar el ejercicio, se crearon etiquetas para almacenar tiempos de transmisión y recepción de paquetes e identificadores de paquetes que permitió generar métricas de tiempo. También se estableció un archivo de registro de desconexiones o caídas que permitió evaluar la estabilidad. Para el caso de la escalabilidad se desarrolló una prueba de escritorio pensando en duplicar el número de entradas y la capacidad de la base de datos. De esta forma, se estableció un protocolo para medir las características más importantes.

Con respecto a la seguridad, en ambas infraestructuras, se instaló el protocolo NX para conexión remota usando ligado de máquinas por nombre de

dominio y se levantaron túneles IPSEC sitio a sitio con cifrado SHA-256, entre las redes incluyendo la plataforma de Azure, al final se hizo NAT a cada uno de los servicios usando Nat-transversal. En el caso de Azure, se usó además autenticación de doble factor usando la herramienta de Microsoft Authenticator. Con estas pruebas se verificó que se podría asegurar ambas plataformas y que se contaba con herramientas de seguridad. Posterior se intentó acceder a los servicios simulando un ataque, verificando que ni la información de configuración ni los datos estaban expuestos.

Finalizado el ejercicio y con base en los resultados se desarrolla una descripción cualitativa de las características de cada tecnología y las ventajas que demostraron, gracias a que se pudo medir los costos de acceso a las plataformas y los valores de los equipos en las pruebas, también se realiza una comparación de costos.

El impacto esperado con estos resultados será servir de base documental en el diseño de la arquitectura de un proyecto entre las tecnologías mencionadas con base en los resultados experimentales descritos.

Máquinas virtuales

El sistema de prueba está estructurado por un conjunto de máquinas virtuales que obtienen, guardan y procesan la información meteorológica obtenida de varias fuentes como satélites, radares y modelos de predicción atmosférica. En esta sección se describen las exigencias de máquinas y de arquitectura para la implementación.

La máquina virtual denominada *"Web-QT"* contiene la página web, que funciona sobre Apache. También contienen el sistema de inteligencia artificial que procesa y extrae los datos. En la máquina *"MariaDB"* se encuentra la base de datos donde se almacena toda la información de las formaciones meteorológicas detectadas por el sistema. Este motor según [46], tiene como funcionalidades el almacenamiento de grandes flujos de información con buenos rendimientos y es una versión de MySQL según [47] bajo la licencia GPL. La base de datos tiene una estructura relacional. En esta se almacenan variables relevantes cuyo propósito final es realizar procesos de ETL (Extracción Transformación y Carga) de las fuentes de datos [48], para la posterior generación de reportes meteorológicos, utilizando herramientas de inteligencia de negocios. En la Figura 2, se visualiza la estructura de la base de datos.

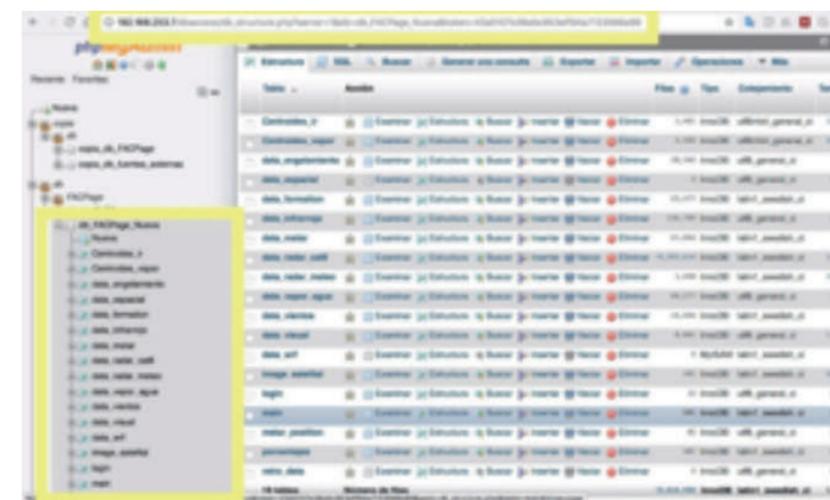


Figura 2. Imagen de estructura base de datos. Fuente: los autores.

También se cuenta con una máquina denominada "Fuentes Externas" donde se monta el proceso de extracción de información de sistemas externos tipo web usando tecnologías de intercambio de datos JSON basado en XML. La máquina virtual denominada "SDR Categoría_8" soporta el proceso de análisis de datos del canal meteorológico de los radares, que es entregado en protocolo Asterix categoría 8 [49]. Esta información es convertida a ficheros tipo texto antes de ser almacenado y correlacionando en la BD.

Existen dos máquinas para sistemas de BI, cada uno con la función de generar los reportes basados en esa tecnología. Se tiene entonces una máquina virtual para "Power-Bi" [50] y una máquina virtual denominada "Tableau" en la cual se genera otro Dashboard. En la Figura 4 y 5, se visualizan los reportes reporte del análisis.



Figura 3. Imagen información extraída de radares cat 8. Fuente Los Autores

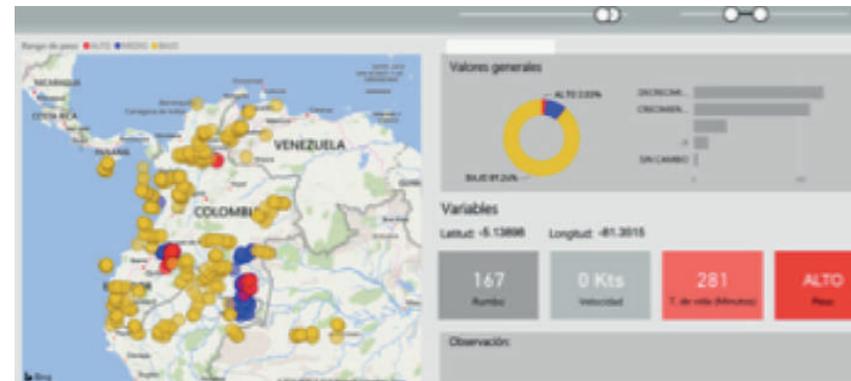


Figura 4. Imagen Dashboard Power Bi. Fuente Los Autores

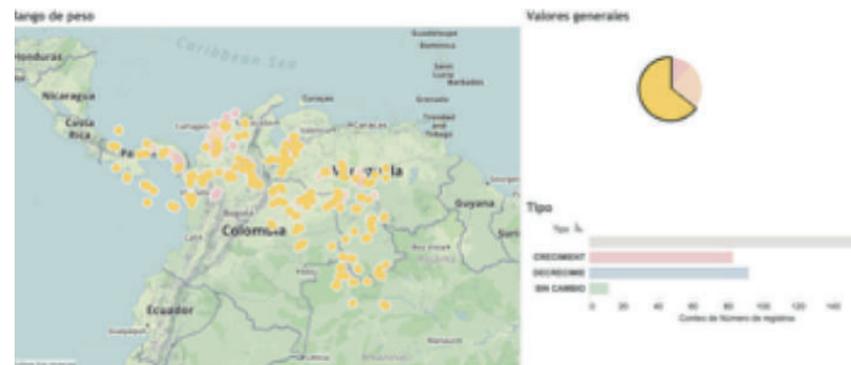


Figura 5. Imagen Dashboard Tableau meteorológica. Fuente: los autores.

En la Tabla 1 se resumen las necesidades de hardware y las funciones, también se muestra el sistema operativo y las tareas que son ejecutadas en cada máquina virtual.

Tabla 1.

Tabla de máquinas virtuales instaladas

Nombre máquina virtual	Sistema operativo	Descripción
Fuentes Externas	Ubuntu 16.04.4 LTS (Xenial Xerus)	Se ejecutan los scripts en C que obtienen la información meteorológica de aeródromos.
María-DB	Ubuntu 16.04.4 LTS (Xenial Xerus)	Se almacena toda la información de los análisis realizados a las imágenes meteorológicas.
Power-BI	Windows 7 Ultimate X64	Se genera la Dashboard realizada en la plataforma Power-BI.
Sdr_cat_8	Ubuntu 16.04.4 LTS (Xenial Xerus)	Sistema que permite extraer la información que envían los radares cat 8.
Tableau	Windows 7 Ultimate X64	Se genera la Dashboard realizada en la plataforma Tableau.
Web_QT	Ubuntu 16.04.4 LTS (Xenial Xerus)	Se aloja la página web y se realiza el procesamiento de imágenes y escritura en la base de datos de la información obtenida.

Fuente: los autores

Infraestructura tradicional

Para la implementación de entornos virtuales en plataformas tradicionales, se implementó una arquitectura, donde se describe el esquema de conexiones de red para cada uno de los subsistemas

que conforman la solución en un entorno de virtualización tradicional utilizando el hipervisor Esxi de la compañía VMware como se describe en la Figura 6. Esta plataforma, es una plataforma de virtualización que permite que en un solo recurso de hardware puedan instalarse múltiples sistemas operativos compartiendo el mismo recurso. Está compuesto por un sistema operativo denominado hipervisor y un software de gestión del hipervisor que permite la configuración y administración del sistema de virtualización como se explica en [51].

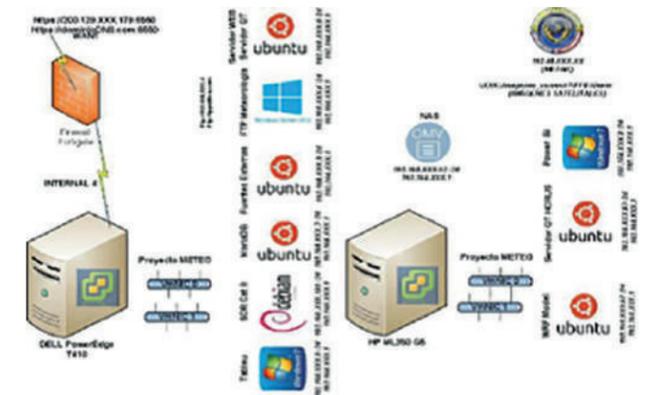


Figura 6. Esquema de red y direccionamiento IP. Fuente: los autores.

Teniendo en cuenta los diferentes servicios que se prestan en los entornos de virtualización se define una arquitectura virtual donde se tiene un solo server como host y múltiples máquinas virtuales definidas para cumplir un rol en específico como se describe en la Figura 7.



Figura 7. Arquitectura Hypervisor Esxi. Fuentes: www.vmware.com

La plataforma seleccionada para la administración de estas configuraciones fue Hypervisor Esxi 6.0, encargada de alojar las máquinas virtuales en su arquitectura de red. Una vez instalado el hipervisor en el servidor, se definió el direccionamiento IP de acuerdo con las tablas NAT (Network address translation) realizadas para los servicios que deben ser publicados para su conexión con los clientes, tal como lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2.

Direccionamiento máquinas virtuales

Máquina virtual	Dirección IP
Servidor web	192.168.XXX.XX/24
Power BI	192.168.XXX.XX/24
Fuentes Externas	192.168.XXX.XX/24
MariaDB	192.168.XXX.XX/24
SDR cat8	192.168.XXX.XX/24
Tableau	192.168.XXX.XX/24

Fuente: los autores

Cada una de las máquinas virtuales que se instalan en el hipervisor tiene las características que se establecen en la Tabla 3.

Tabla 3.

Características máquinas virtuales

Nombre máquina virtual	Características
Servidor Web-QT	2 procesadores - Memoria ram 2 Gbytes - SO Ubuntu Desktop 16.04.4 xenial xerus - Disco Duro 250 Gb
Servidor de reportes "Power BI"	2 procesadores - Memoria ram 2 Gbytes -SO Windows 7 ultimate x64 -Disco Duro 100 Gb
Fuentes Externas	1 procesador - Memoria ram 1 Gbyte - SO Ubuntu desktop 16.04.4 xenial xerus - Disco duro 80 Gb
Servidor de reportes "MariaDB"	2 procesadores - Memoria ram 2 Gbyte- SO Ubuntu desktop 16.04. 4 xenial xerus - Disco duro 250 Gb
SDR cat 8	2 procesadores -Memoria ram 1 Gbyte -SO Ubuntu desktop 16.04. 4 xenial xerus - Disco duro 80 Gb
Servidor de reportes "Tableau"	2 procesadores -Memoria ram 2 Gbytes - SO Windows 7 Ultimate x64 - Disco duro 160 Gb

Fuente: los autores

El acceso al proyecto se realizó a través de un *firewall* el cual tiene configurada una IP pública, en su configuración se establecen rutas y políticas para que la entrada a los servidores se realice a través de direccionamiento IP privado. La IP pública está ligada a un dominio de internet que presta sus servicios a la página web donde se publica la información.

La interfaz de red del servidor se configura con una dirección del segmento para dar acceso a la consola de administración del Hipervisor como se describe en [14].

Implementación en máquinas virtuales en la nube

Para la implementación de una arquitectura similar en la nube, se utilizó la plataforma de Microsoft Azure donde se instala un único servicio que contiene el software de extracción meteorológico de las diferentes fuentes utilizadas para el desarrollo y el almacenamiento de información. Microsoft Azure es una nube pública de pago por uso que permite compilar, implementar y administrar rápidamente aplicaciones en una red global de datacenter (centros de datos) de Microsoft como se expone en [52]. Microsoft Azure provee los servicios

de SaaS, IaaS y PaaS, los cuales fueron definidos anteriormente.

La virtualización en la nube se refiere a una infraestructura escalable de software y hardware remoto ubicado en grandes datacenter de empresas cuyo *Core* de negocio es ofrecer servicios de almacenamiento, procesamiento, ahorro de mano de obra, equipos y costos eléctricos. Con la virtualización en la nube los aplicativos que se utilizan no corren en servidores locales, sino que están almacenados en servidores que están en otro lugar y son accedidos a través de la Internet. Económicamente hablando, los recursos virtuales son típicamente más económicos que los recursos dedicados en un servidor local. Sin embargo, es necesario evaluar cada caso además de considerar políticas empresariales y de privacidad de la información.

Para el inicio de la instalación del entorno donde se realiza el despliegue de los servicios del proyecto, se define geográficamente el datacenter con mejor latencia, en este caso es el datacenter ubicado en virginia USA, el cual se denomina "East-US2 Virginia". En la Figura 9 se aprecian los datacenter de Microsoft Azure.

Administración de DNS



Figura 8. Configuración IP Pública al dominio.

Posteriormente, se realiza el aprovisionamiento del servidor *cloud* donde se definen las características de hardware requeridas para la implementación.

- Standard F8s (8 vcpu, 16 GB de memoria)
- Procesador: 8 CPU virtuales
- Memoria Ram: 16 Gigas
- Disco: 512 SSD

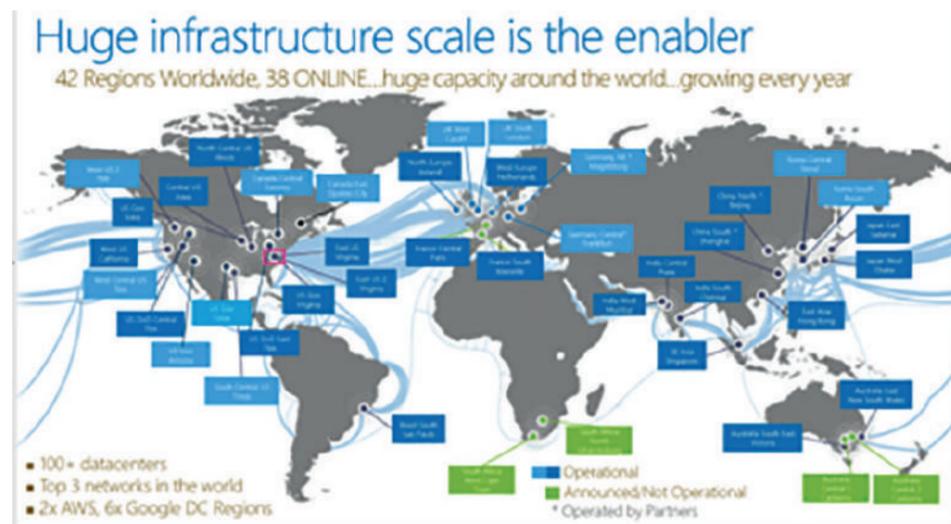


Figura 9. Datacenter East-US2 Virginia. Fuente: www.azure.com

Adicional se define la instalación del software, el cual se implementa sobre un sistema operativo Ubuntu server 16.04 LTS. El sistema operativo Ubuntu Server es una variante de Ubuntu canonical que sale con cada versión de Ubuntu desktop y está dedicada especialmente para su uso en servidores. El uso de Ubuntu server como servidor se ha extendido mucho en los últimos años, sobre todo para el uso de servicios web, motores de base de datos o para servicios que permiten ejecutar códigos previamente desarrollados en lenguajes de programación Python o C cómo se estructura en [27].

Después de esto se realiza la instalación de la interfaz gráfica *gnome* para facilitar la configuración de los diferentes módulos del aplicativo; este proceso se realiza mediante la implementación del módulo de instalación guiada "tasksel" [28]. Tasksel es una herramienta para sistemas operativos basados en Debian/Ubuntu para instalación de paquetes. La función de Tasksel es similar a la de los meta-paquetes denominados .deb que son similares a los instaladores .exe de Microsoft. Al utilizar la herramienta de Tasksel (Ubuntu/Debian), este puede instalar automáticamente los siguientes componentes, tales como:

Basic Ubuntu server, Opens server, DNS server, LAMP server, Mail server, Openstack, PostgreSQL database, entre otros. Mediante la herramienta

"Tasksel" se instaló el módulo guiado para la interfaz Ubuntu Desktop.

Al finalizar se prepara el Core principal, que es el sistema operativo, se asignan recursos para el servidor apache, donde se aloja la página web. Apache es un motor web que permite el alojamiento de servicios desarrollados en HTML, PHP, ISP, entre otros para páginas web online. Posterior, se instala el IDE de desarrollo utilizado para la extracción de la información meteorológica de las diferentes fuentes y posterior el motor de base de datos predefinido. Para finalizar se interconecta el motor de base de datos instalado y las conexiones a los tableros de reportes generados en Power BI y en Tableau.

Comparación entre los resultados obtenidos entre la virtualización tradicional y la virtualización en la nube

Para realizar la comparación entre ambas tecnologías y elegir las más adecuada se tienen en cuenta los siguientes factores: desempeño, rendimiento, alta disponibilidad y costos. Con el fin de establecer cuál de las tecnologías posee más ventajas en

el caso de estudio, se realizan pruebas de verificación del comportamiento y funcionamiento del sistema, una vez terminada la prueba se procedió a establecer una comparación entre las tecnologías que se usaron para virtualizar el proyecto. Se definieron diferencias y ventajas entre ambas tecnologías para evaluar las necesidades del proyecto. El internet con el cual se realizó la prueba fue una conexión de fibra óptica de 10 megas simétricas con reuso 1:1.

Microsoft Azure

La prueba realizada usando la tecnología en la nube con Microsoft Azure como base, obtuvo los siguientes resultados:

- Con respecto a costos y velocidad de la implementación hay que definir dos casos. El primer caso, se debe suponer que no existe infraestructura, de ser así Microsoft Azure o cualquier plataforma *cloud* garantizan acceso rápido a una infraestructura escalable e incluso ofrecen créditos para pruebas y servicios. En término de horas se puede acceder a una infraestructura de acuerdo con los créditos adquiridos y configurar en ella los servicios que se requiera, a costos mucho menores que pensar en embarcar la compañía en la compra de infraestructura y adecuar un datacenter, adicional de los costos en energía y personal necesarios para soportar dichos equipos. En caso de existir infraestructura en la compañía es necesario cuantificar los costos de mantenimiento, energía, actualización, personal, instalaciones, acondicionamientos entre otros. Para el estudio de caso, se contaba con infraestructura, pero cuantificando estos costos en el tiempo se pueden tener mayores costos con la infraestructura tradicional, sobre todo por costos de mantenimiento y personal asociado. En este mismo sentido, las tecnologías en la nube tienen

disponibilidades reales del 100% debido a que se cuenta con redundancia de todo tipo desde datacenter, almacenamiento procesamiento; sin embargo, depende del tipo de contrato y de los costos.

- Con respecto a seguridad de acuerdo con la página oficial de Azure que es la plataforma que se está evaluando, cuenta con más de 90 certificaciones, que soportan regiones o países específicos además de un gran grupo de expertos trabajando y actualizando estos procesos.
- Microsoft Azure no soporta todos los sistemas operativos y referencias que si se pueden instalar en tecnologías *in house*. Para el caso, no tiene soportado el sistema operativo Ubuntu Desktop 16.04 LTS de manera nativa, por lo que fue necesario montar la máquina en el sistema operativo Ubuntu Server, ya adapta un entorno desktop.
- No se soportan adecuadamente algunos protocolos de conexión remota. Para tener acceso remoto en Azure, se hicieron pruebas con diferentes protocolos de conexión remota tales como RDP (Protocolo de Escritorio Remoto) y con VNC (Conexión Virtual de Red), pero no funcionaron correctamente, o eran inestables. Por tal motivo, fue necesario implementar el protocolo NX y el software NoMachine para acceder a las máquinas virtuales con protocolo UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario).
- Los entornos web están soportados. El entorno web se instaló sobre un servidor Apache2, el cual funcionó correctamente ante ataques como el de negación de servicios DDoS (Ataques de Denegación de Servicio).
- Falta de soporte en Red Privada Virtual. La VPN que se estableció entre el *firewall* local y el

Branch de Azure, tuvo problemas de estabilidad es decir problemas de conexión *site-to-site* por lo que era imposible conectarse a las máquinas virtuales instaladas en la infraestructura de Azure, en ocasiones debido a diferentes versiones de las máquinas terminales. Las pruebas fueron realizadas con VPN por Forticlient mediante el Site to Client.

- Se presentaron fallas en la conexión de los túneles establecidos mediante los protocolos NFS (Sistemas de Archivos de Red) y FTP (Protocolo de Transferencias de Archivos), debido a que la latencia era muy elevada y se generaban errores de tiempo de espera agotado.
- Al verificar las capacidades de la plataforma también se encontró que es fácil la instalación de máquinas soportadas en la infraestructura. Asimismo, que se tienen herramientas que facilitan montar servicios web y conexiones a bases de datos soportadas.

Virtualización tradicional

La prueba realizada con la virtualización tradicional obtuvo los siguientes resultados, utilizando una conexión de internet igual al de la plataforma anterior:

- Con respecto a costos y velocidad de la implementación hay que definir dos casos. El primer caso, se debe suponer que no existe infraestructura, de ser esta tecnología es desventajosa e incluso en el caso privado puede tomar meses conseguir la infraestructura, sin contar con las adecuaciones físicas necesarias. En caso de existir infraestructura en la compañía que es el caso los costos al igual que se explicó cuantificando todos los costos para proyectos de corta duración puede ser equiparable. Con respecto a disponibilidad este tipo de tecnolo-

gías depende de la infraestructura existente. Es decir, para el caso no se contaba con un datacenter que garantice su alta disponibilidad.

- Con respecto a seguridad al igual que en el caso de disponibilidad la infraestructura típicamente de ciberseguridad de una compañía es limitada y con recursos limitados.

La conexión se realiza de manera local usando una IP pública para salir a internet a través de un firewall que hace las veces de enrutador, firewall y servidor de túneles utilizando protocolo SSL (Security Socket Layers) e Ipsec. Adicional la red local utiliza un segmento de IPs privadas para la conexión a los servidores.

- La conexión a los servicios al ser una red local no presentó fallas de conectividad teniendo en cuenta que las conexiones utilizadas entre cada uno de los servicios y los clientes estaban interconectadas por gigabit LAN.
- Los servicios tuvieron salida a internet a través de puertos específicos usando virtual Ips y nateo de puertos a través de una única IP fija asignada al firewall.
- Se tuvo administración de las máquinas virtuales a través del Hipervisor sin presentarse problemas de conexión a los servidores, teniendo en cuenta los dos métodos de conexión que fueron utilizando la plataforma VMware vSphere client y las conexiones remotas utilizando el protocolo NX.
- Se determinó que en la velocidad de comunicación entre los servidores y el cliente final la latencia es menor en la virtualización tradicional con una velocidad promedio de 57 milisegundos a comparación de la virtualización en la nube cuya velocidad promedio era de 350 milisegundos.

Con estos resultados se procedió a realizar una tabla comparativa entre ambas tecnologías.

Tabla 4.

Criterios de comparación entre Computación en la nube y virtualización tradicional

Criterio de comparación	Virtualización tradicional	Cloud computing
Infraestructura	Se requiere adquirir el hardware específico incluyendo servidores, cableado estructurado, firewall entre otros	La infraestructura con la que cuenta Azure es lo suficientemente robusta para suplir las necesidades requeridas por el proyecto.
Estabilidad	Al ser una red de acceso local, el proyecto no tuvo problemas de estabilidad.	Se establecieron varios tipos de conexión remota entre los servidores de Azure y el desarrollador, pero no fue posible establecer una conexión estable
Facilidad de operación	El Hipervisor de VMware es intuitivo y fácil de operar	Usando el NoMachine para la conexión a las máquinas virtuales, permitió el acceso de manera intuitiva.
Seguridad de la información	Las rutas, políticas y direccionamiento se realizaron a través de un firewall ubicado localmente en el datacenter, por lo que la información se gestiona directamente en este equipo. Sin embargo, no se cuenta con certificaciones de seguridad.	La seguridad de la información se encontraba ligada a las políticas de seguridad de Microsoft que cuenta con certificaciones de diferente índole en seguridad.
Capacidad	La capacidad del proyecto depende directamente de las características del datacenter y los equipos allí ubicados y es limitada y costoso de flexibilizar.	La capacidad que pueda conseguirse dependiendo directamente del valor que se esté dispuesto a pagar, por lo que no habría limitantes en temas de capacidad.
Costos	Para la implementación del proyecto en virtualización tradicional, se deben estimar costos de compra de equipos, cableado estructurado, aire acondicionado, software Hipervisor, firewall, servicio de internet, mantenimiento, equipos de networking, lo cual puede generar grandes costos de implementación.	Los costos de implementación son menores comparados con la implementación tradicional, estos están ligados a la capacidad requerida y se paga una mensualidad por dichos servicios.
Facilidad de implementación	Requiere de la infraestructura, por lo que su implementación puede ser compleja.	Es muy fácil de implementar, solo se requiere establecer las máquinas que se requieren y su configuración para empezar a usarlas
Latencias	Menores latencias al estar ubicada en red LAN	Mayores latencias y depende del acceso a internet.

Fuente: los autores

La comparación realizada en los entornos de virtualización tradicional y los entornos de virtualización en la nube se describen en costos anuales de funcionamiento así (Ver Tabla 5):

Tabla 5.

Comparativa infraestructura tradicional vs nube

Ítem	Descripción	Virtualización	
		Tradicional	Nube
Servidor	Dispositivo el cual se le instalará el hypervisor bare-metal	\$12.000	\$0
Red/ Firewall	Equipo de Seguridad UTM-NAT-GATEWAY-VPN	\$3.000	\$0
Internet	Canal de internet dedicado rehusa 1:1 de 10 Mbps	\$1.868	\$1.868
Consumo Energía	Consumo energético por año Kilovatio/hora	\$1.800	\$0
Máquina Virtual 1 -Web	8 vCPU(s), 16 GB RAM, Linux - Ubuntu	\$0	\$3.522
Máquina Virtual 2 -BD	8 vCPU(s), 16 GB RAM, Linux - Ubuntu	\$0	\$3.522
Máquina Virtual 3- F. Externas	2 vCPU(s), 4 GB RAM, Linux - Ubuntu	\$0	\$816
Máquina Virtual 4 -QT	8 vCPU(s), 16 GB RAM, Linux - Ubuntu	\$0	\$3.522
Máquina Virtual 5 - WRF	8 vCPU(s), 16 GB RAM, Linux - Ubuntu	\$0	\$3.522
Almacenamiento	Standard, LRS Redundancy, 3 TB Capacity	\$0	\$3.522
COSTO TOTAL POR AÑO		\$18.668	\$20.296

Fuente: los autores

Los costos se definen en un periodo de tiempo para hacer más objetiva la medición, y se calcula el valor de la infraestructura con valores de inventario amortizados en el tiempo.

Conclusiones

La elección de la virtualización en la nube o la virtualización tradicional depende de las condiciones del que necesita el servicio, del tiempo de duración proyecto, de las necesidades de escalabilidad y de la seguridad requerida. Criterios como la estabilidad, el costo, la capacidad, el rendimiento, el mantenimiento, el tiempo, el personal y la infraestructura física, la ubicación, la red y soporte, los costos de operación, la seguridad de la información y la seguridad del datacenter deben ser cuantificados por cada compañía. Para el caso muchos fueron obviados ya que el proyecto de estudio de caso es un sistema de un proyecto de desarrollo de tecno-

logía de información abierta. En otro caso estos factores deben ser contemplados en una escala de tiempo que permita a la compañía definir la tecnología a utilizar con respecto a las necesidades de la compañía, así como de las características y requerimientos propios del proyecto.

Según los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento, la tecnología que más se adapta al sistema de reportes meteorológicos es la virtualización tradicional, ya que con la tecnología probada se contó con una mayor estabilidad en las conexiones y un menor costo de funcionamiento anual por las especificaciones y características de los equipos. Al analizar, el tema de la estabilidad y de las conexiones, se encontró que el sistema no fue pensado inicialmente para trabajar en la nube, es factible modificar prácticas de desarrollo para trabajar en versiones compatibles con tecnologías de *cloud*, facilitando la implementación de la arquitectura.

Una infraestructura virtualizada permite la escalabilidad de los sistemas debido a que puede adaptarse y aumentar recursos como la memoria, el rendimiento o el almacenamiento de acuerdo con las necesidades y desarrollo del proyecto, en tiempo casi real. Esto permite el crecimiento continuo sin perder la calidad de los productos.

La adaptabilidad que brindan los entornos virtualizados radica en que la infraestructura puede ser diseñada y modificada según las características y requisitos de los sistemas, además hay variedad de soluciones de virtualización que se acomodan a las necesidades del cliente.

Antes de elegir una infraestructura de virtualización en la nube es importante conocer la ubicación de los servidores y las leyes que rigen en ese país en términos de protección y uso de la información, esto con el fin de evitar inconvenientes con el tratamiento que se les dé a los datos almacenados en nuestros servicios.

A partir de la comparación realizada entre ambas tecnologías se puede concluir que en un año para

este caso los valores son comparables. Sin embargo, y debido al tiempo de vida del proyecto, la tecnología más económica es la virtualización tradicional debido a que se contaba con infraestructura existente que fue reutilizada. Esto, no es necesariamente un factor determinante a la hora de elegir la tecnología que más se adapta al proyecto, ya que otros factores como el tiempo de uso, la tecnología utilizada, la disponibilidad, la estabilidad, el tratamiento de datos y la seguridad de la información pueden prevalecer.

El uso de tecnologías de indicadores y tableros de control para optimizar el uso de la información es compatible con ambas tecnologías, donde en cada fase del proceso de transformación y extracción de la información debe ser recreada en uno u otro ambiente para poder alimentar la base de datos y finalmente el Dashboard o tablero de reportes. En este caso, la implementación del Dashboard proporciona al personal aeronáutico la posibilidad de analizar y tomar decisiones con base en la información obtenida y organizada a través del prototipo del sistema.

Referencias

- [1] P. Pessolani, T. Cortes, S. Gonnet, and F. G. Tinetti, "Sistema de Virtualización con Recursos Distribuidos," Tesis, no. April, 2012.
- [2] S. Jain and M. A. Alam, "Comparative Study of Traditional Database and Cloud Computing Database," 2017.
- [3] P. Yue, H. Zhou, J. Gong, and L. Hu, "Geoprocessing in Cloud Computing platforms - a comparative analysis," *Int. J. Digit. Earth*, vol. 6, no. 4, pp. 404-425, 2013.
- [4] C. M. Navaneethakrishnan, "A Comparative Study of Cloud based ERP systems with Traditional ERP and Analysis of Cloud ERP implementation," 2013.
- [5] R. Gharsallaoui, M. Hamdi, and T. H. Kim, "A Comparative Study on Cloud Gaming Platforms," in *Proceedings - 7th International Conference on Control and Automation, CA 2014*, 2014, pp. 28-32.
- [6] "A Comparative Study on Cloud Gaming Platforms - IEEE Conference Publication." [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7026255>. [Accessed: 22-Oct-2019].
- [7] J. L. Díaz, J. Entrialgo, M. García, J. García, and D. F. García, "Optimal allocation of virtual machines in multi-cloud environments with reserved and on-demand pricing," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 71, pp. 129-144, 2017.
- [8] M. Noshay, A. Ibrahim, and H. A. Ali, "Optimization of live virtual machine migration in cloud computing: A survey and future directions," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 110, no. November 2017, pp. 1-10, 2018.
- [9] J. A. Florez Zuluaga, "Intelligent techniques for identification and tracking of meteorological phenomena that could affect flight safety," *Cienc. Y Pod. AÉREO*, vol. 12, pp. 24-35, 2017.
- [10] J. A. Florez Zuluaga, "Sistema de fusión de datos aeronáuticos y meteorológicos para la prevención de accidentes aéreos" UPB, 2017.
- [11] J. Anderson and F. Zuluaga, "Detection of Convective Clouds Usin Meteorological Data Fusion for Aviation" in 2017 International Carahan Conference on Security Technology (ICCST), 2017.
- [12] S. J. Goodman et al., "The GOES-R Geostationary Lightning Mapper (GLM)," *Atmos. Res.*, vol. 125-126, pp. 34-49, 2013.
- [13] SIATA, "Sistema de alerta temprana del Área Metropolitana del Valle de Aburrá," Gobernacion de Antioquia, 2011. .
- [14] VMware, "Virtualization overview," White Pap. <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>, pp. 1-11, 2006.
- [15] M. García-Valls, T. Cucinotta, and C. Lu, "Challenges in real-time virtualization and predictable cloud computing," *J. Syst. Archit.*, vol. 60, no. 9, pp. 726-740, 2014.
- [16] R. Madhavrao and A. Moosakhanian, "Integration of Digital Weather and Air Traffic Data for NextGen," in 2018 IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2018.
- [17] J. Harrington, "Weather services in the NextGen Era," *Aviat. Int. News*, no. January, pp. 34-37, 2009.
- [18] P. Brooker, "SESAR and NextGen: Investing in new paradigms," *J. Navig.*, vol. 61, no. 2, pp. 195-208, 2008.
- [19] M. Strohmeier, M. Schafer, V. Lenders, and I. Martinovic, "Realities and challenges of nextgen air traffic management: the case of ADS-B," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 5, pp. 111-118, May 2014.
- [20] P. Brooker, "SESAR and NextGen: Investing in new paradigms," *J. Navig.*, vol. 61, no. 2, pp. 195-208, 2008.
- [21] M. D. Powell, S. H. Houston, L. R. Amat, and N. Morisseau-Leroy, "The HRD real-time hurricane wind analysis system," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 77, pp. 53-64, 1998.
- [22] L. B. Cornman, G. Meymaris, and M. Limber, "An update on the FAA Aviation Weather Research Program's in situ turbulence measurement and reporting system," in 11th AMS Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology, 2004.
- [23] J. A. Florez Zuluaga, J. F. Vargas Bonilla, and J. Reina, "Intelligent techniques for identification and tracking of meteorological phenomena that could affect flight safety," *Cienc. Y Pod. AÉREO*, vol. 12, pp. 24-35, 2017.
- [24] C. Wang, L. C. Wood, H. Abdul-Rahman, and Y. T. Lee, "When traditional information technology project managers encounter the cloud: Opportunities and dilemmas in the transition to cloud services," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 34, no. 3, pp. 371-388, Apr. 2016.
- [25] R. Iqbal, F. Doctor, B. More, S. Mahmud, and U. Yousuf, "Big Data analytics and Computational Intelligence for Cyber-Physical Systems: Recent trends and state of the art applications," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, 2017.
- [26] O. Morariu, T. Borangiu, and S. Raileanu, "vMES: Virtualization aware manufacturing execution system," *Comput. Ind.*, vol. 67, pp. 27-37, Feb. 2015.
- [27] Z. Kozhimbayev and R. O. Sinnott, "A performance comparison of container-based technologies for the Cloud," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 68, pp. 175-182, Mar. 2017.
- [28] V. E. S. X. Server, I. Overview, V. Esx, P. VMware, and E. S. X. Server, "Chapter 1 Installing VMware ESX Server 3 Solutions in this chapter :," pp. 1-24.
- [29] D. Rule, "Scripting and Programming for the Virtual Infrastructure," *How to Cheat Config. VmWare ESX Serv.*, pp. 133-226, 2007.
- [30] L. Gilbert et al., "Implications of virtualization on Grids for high energy physics applications," *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 66, no. 7, pp. 922-930, 2006.
- [31] S. Lim, B. Yoo, J. Park, K. Byun, and S. Lee, "A research on the investigation method of digital forensics for a VMware Workstation's virtual machine," *Math. Comput. Model.*, vol. 55, no. 1-2, pp. 151-160, 2012.
- [32] A. M. Coballes, "Unidad 4 : Introducci ´ on a la virtualizaci ´ on Introducci ´ on," 2009.
- [33] J. E. Smith and R. Nair, "The architecture of virtual machines," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 38, no. 5, pp. 32-38, 2005.
- [34] A. Desai, R. Oza, P. Sharma, and B. Patel, "Hypervisor: A survey on concepts and taxonomy," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 222-225, 2013.
- [35] U. Zulia, U. Zulia, and U. Zulia, "Revista Electrónica de Estudios Telemáticos," no. 2010, pp. 33-46, 2014.
- [36] S. D. Lowe, *Hyperconverged_Infrastructure_for_Dummies*, 2nd HPE Si. John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- [37] J. Green, S. D. Lowe, and D. M. Davis, "The Fundamentals of Hyperconverged Infrastructure The Gorilla Guide To... The Fundamentals of Hyperconverged Infrastructure

- Entering the Jungle," p. 48, 2018.
- [38] D. Martin and V. D. E, "Cloud Computing: de la virtualización de aplicaciones y de escritorio, a la virtualización de servidores". Ing. Edgar Gutiérrez," pp. 1-5, 2012.
- [39] J. L. G. C. Caro, María José, Capítulo I. Alcance y ámbito de la Seguridad Nacional en el ciberespacio, no. Ciberseguridad. Retos y Amenazas a la Seguridad Nacional en el Ciberespacio. 2010.
- [40] J. Repschläger, D. Pannicke, and R. Zarnikow, "Cloud Computing & SaaS," HMD - Prax. der Wirtschaftsinformatik, vol. 275, no. 47, pp. 1-2, 2010.
- [41] Armin Balalaie and Abbas Heydarnoori, "Microservices Architecture Enables DevOps Migration," IEEE Softw. J., vol. 11, pp. 42-52, 1960.
- [42] C. Xia, Y. Zhang, L. Wang, S. Coleman, and Y. Liu, "Microservice-based cloud robotics system for intelligent space," Rob. Auton. Syst., vol. 110, pp. 139-150, Dec. 2018.
- [43] M. Azure, A. Iaas, and A. Messaging, "Microsoft Azure Infrastructure-as-a-Service (IaaS) Overview."
- [44] W. F. Cxo, H. Integrated, S. Can, T. Storage, and A. D. Software, "Hyperconverged Infrastructure : The CxO View," no. 2, pp. 1-18.
- [45] J. P. John McArthur, George J. Weiss, Kiyomi Yamada, Hiroko Aoyama, Philip Dawson, Arun Chandrasekaran, "Magic Quadrant for Hyperconverged Infrastructure," 2018. .
- [46] M. Foundation, "MariaDB." [Online]. Available: <https://mariadb.org/>.
- [47] S. L. Devi and P. S. Vijayalakshmi, "A Comparative Study: MariaDB Vs MongoDB," Int. J. Sci. Res., 2015.
- [48] IBM, "Manual CRISP-DM de IBM SPSS Modeler," 2016.
- [49] D. Analyses, "Radar Handbook," Engineering. p. 6.
- [50] A. Diehl, "Visualización de datos geoespaciales aplicada a la meteorología," Universidad de Buenos Aires, 2016.
- [51] VMWare Inc., "{VMWare} {ESX} {Server}: Platform for virtualizing servers, storage and networking," 2006.
- [52] Microsoft, Introducing Windows Azure. 2013.
- [53] T. À. I. Khoản and N. Dùng, "Hướng Dẫn Cài Dspace 5.2 Trên Ubuntu 15.04 Và Quản Trị Tài Khoản Người Dùng Dspace. <http://dspace-club.blogspot.com/>."



Operational Safety and Aeronautical Logistics

Jesús Daniel Gil
Fundación Universitaria
del Área Andina

Jessica Alejandra Herrera Osorio
Fundación Universitaria
del Área Andina

Olivia Margarita Narváez Rumie
Fundación Universitaria
del Área Andina

A Description of Visual and Ocular Morbidity Analyzed in the Central Region of Colombia According to RIPS (2013-2015) Reports *

OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 46-61

Citación: Gil J., Herrera, J. y Narváez, O. (2019). Descripción de morbilidad visual y ocular analizada en la Región Central de Colombia, acorde con los reportes RIPS (2013-2015). *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 46-61. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.633>

Jesús Daniel Gil
Optómetra. Egresado de la Fundación Universitaria del Área Andina.
jgil15@estudiantes.araandina.edu.co
CvLAC:
https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000104884
ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-4282-9418>

Jessica Alejandra Herrera Osorio
Optómetra, Especialista en Administración en Salud Pública con Énfasis en servicios de Salud, Candidata a la Maestría en Desarrollo Social.
jherrera73@areandina.edu.co
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000147891
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-3834-4007>

Olivia Margarita Narváez Rumie
Optómetra, Especialista en Docencia Universitaria, Especialista en Seguridad y salud en el Trabajo, Especialista en Epidemiología, Magíster en Evaluación Educativa, candidata a PhD en Ciencias de la Salud.
olnarvaez@areandina.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001493289
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6203-4669>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.633>

* Formative Research Article–New Knowledge, part of the Maddox research group, attached to the Charles Prentice Research Group, associated to the academic program in Optometry, in the Faculty of Health Sciences of Fundación Universitaria del Área Andina, Bogota campus. Funded by Fundación Universitaria del Área Andina, Teaching work hours –Formative Research tutors.

Abstract

Visual and ocular pathologies are among the main causes of vision loss worldwide. Objective: to describe visual and ocular morbidity in the central region of Colombia according to reports from the database of Individual Records for Health Care Delivery, or RIPS reports 2013-2015. Methodology: Quantitative, retrospective, descriptive cross-sectional study of the most frequent visual and ocular pathologies registered among the population of the central region of the country. For the analysis, we used the codes found in chapter VII of the International Classification of Diseases, 10th Version (ICD-10), in 18 groups, according to the classification defined by the Ibero-American Epidemiological Network in Visual and Ocular Health. (REISVO). Results: The pathologies with the highest morbidity in the central

region population were disorders of: conjunctiva (15.22%); extra ocular muscles (13.37%); accommodation and refractive disorders (13.06%). Disorders of the cornea showed the lowest rates (0.7% and 1.03%). Conclusions: Conjunctival disorders had the highest rate among ocular conditions in the central region, in population ages 15-44. Female patients exhibited the highest rate of visual affections. The contributory health care system had the highest number of visual health appointments.

Key Words:

Vision Disorders, Morbidity, Prevalence, Conjunctival Diseases, Corneal Diseases, Individual Records for Health Care Delivery (RIPS).

Segurança Operacional e Logística Aeronáutica

Jesús Daniel Gil
Fundación Universitaria
del Área Andina

Jessica Alejandra Herrera Osorio
Fundación Universitaria
del Área Andina

Olivia Margarita Narváez Rumie
Fundación Universitaria
del Área Andina

Descrição de morbidade visual
e ocular analisada na

Região Central da Colômbia, de acordo com os reportes RIPS (2013-2015) *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 46-61

Citación: Gil J., Herrera, J. y Narváez, O. (2019). Descripción de morbilidad visual y ocular analizada en la Región Central de Colombia, acorde con los reportes RIPS (2013-2015). *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 46-61. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.633>

Jesús Daniel Gil
Óptometra. Egresado de la Fundación
Universitaria del Área Andina.
jgil15@estudiantes.araendina.edu.co
CvLAC:
[https://scienti.colciencias.gov.co/
cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.
do?cod_rh=0000104884](https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000104884)
ORCID: [https://orcid.
org/0000-0003-4282-9418](https://orcid.org/0000-0003-4282-9418)

Jessica Alejandra Herrera Osorio
Óptometra, Especialista en Administra-
ción en Salud Pública con Énfasis en ser-
vicios de Salud, Candidata a la Maestría en
Desarrollo Social.
jherrera73@areandina.edu.co
CvLAC: [https://scienti.colciencias.gov.
co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.
do?cod_rh=0000147891](https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000147891)
ORCID: [https://orcid.
org/0000-0002-3834-4007](https://orcid.org/0000-0002-3834-4007)

Olivia Margarita Narváez Rumie
Óptometra, Especialista en Docencia
Universitaria, Especialista en Seguridad
y salud en el Trabajo, Especialista en
Epidemiología, Magister en Evaluación
Educativa, candidata a PhD en Ciencias de
la Salud.
olnarvaez@areandina.edu.co
CvLAC: [http://scienti.colciencias.
gov.co:8081/cvlac/visualizador/
generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001493289](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001493289)
ORCID: [https://orcid.
org/0000-0001-6203-4669](https://orcid.org/0000-0001-6203-4669)

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.633>

* Artículo de pesquisa formativa – Novo conhecimento, pertencente ao semillero de pesquisa Maddox, adscrito ao Grupo de Pesquisa Charles Prentice, que corresponde com o programa de Optometria, Faculdade de Ciências da Saúde, da Fundação Universitária da Área Andina, Sede Bogotá. Financiado pela Fundação Universitária da Área Andina, Horas Trabalho Docentes – Tutores de Pesquisa Formativa.

Resumo

As patologias visuais e oculares são parte das principais causas de perda visual ao nível mundial. Objetivo: Descrever a morbidade visual e ocular analisada na Região Central da Colômbia de acordo com os reportes RIPS (Registros Individuais de Prestação de Serviços de saúde) 2013 - 2015. Metodologia: Estudo quantitativo, descritivo de corte transversal, retrospectivo de patologias visuais e oculares mais frequentes registradas na população da região central. Para a análise, utilizaram-se os códigos do capítulo VII da Classificação Internacional de Doenças Décima Versão (CIE-10), em 18 grupos segundo classificação definida pela Rede Epidemiológica Ibero-americana para a Saúde Visual e Ocular (REISVO). Resultados: As patologias com maior morbidade na região central foram transtor-

nos de: conjuntiva (15.22%); músculos extraoculares (13.37%); acomodação e refração (13.06%); o menor índice apresentaram-no os transtornos corneais (0.7% e 1.03%). Conclusões: Os transtornos conjuntivais foram as afecções com maior índice na região central da Colômbia, em idades entre 15-44 anos. O gênero feminino apresentou maior índice de afecções visuais, e o regime contributivo, maior número de consultas de saúde visual.

Palavras-chave:

transtornos da visão, morbidade prevalência, doenças da conjuntiva, doenças da córnea, Registros Individuais de Prestação de Serviços de Saúde RIPS.

Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica

Jesús Daniel Gil
Fundación Universitaria
del Área Andina

Jessica Alejandra Herrera Osorio
Fundación Universitaria del

Área Andina
Olivia Margarita Narváez Rumie

Descripción de morbilidad visual y ocular analizada en la Región Central de Colombia, acorde con los reportes RIPS (2013-2015) *

OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 46-61

Citación: Gil J., Herrera, J. y Narváez, O. (2019). Descripción de morbilidad visual y ocular analizada en la Región Central de Colombia, acorde con los reportes RIPS (2013-2015). *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 46-61. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.633>

Jesús Daniel Gil
Óptometra. Egresado de la Fundación Universitaria del Área Andina.
jgil15@estudiantes.araendina.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000104884
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4282-9418>

Jessica Alejandra Herrera Osorio
Óptometra, Especialista en Administración en Salud Pública con Énfasis en servicios de Salud, Candidata a la Maestría en Desarrollo Social.
jherrera73@areandina.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000147891
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3834-4007>

Olivia Margarita Narváez Rumie
Óptometra, Especialista en Docencia Universitaria, Especialista en Seguridad y salud en el Trabajo, Especialista en Epidemiología, Magister en Evaluación Educativa, candidata a PhD en Ciencias de la Salud.
olnarvaez@areandina.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001493289
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6203-4669>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.633>

* Artículo de investigación formativa – Nuevo conocimiento, perteneciente al semillero de investigación Maddox, adscrito al Grupo de Investigación Charles Prentice, que concierne al programa de Optometría, Facultad de Ciencias de la Salud, de la Fundación Universitaria del Área Andina, Sede Bogotá. Financiado por Fundación Universitaria del Área Andina, Horas Labor Docentes – Tutores de Investigación Formativa.

Resumen

Las patologías visuales y oculares son parte de las principales causas de pérdida visual a nivel mundial. Objetivo: describir la morbilidad visual y ocular analizada en la Región Central de Colombia acorde con los reportes RIPS (Registros Individuales de Prestación de Servicios de salud) 2013 - 2015. Metodología: estudio cuantitativo, descriptivo de corte transversal, retrospectivo de patologías visuales y oculares más frecuentes registradas en la población de la Región Central. Para el análisis, se utilizaron los códigos del capítulo VII de la Clasificación Internacional de Enfermedades Décima Versión (CIE-10), en 18 grupos según clasificación definida por la Red Epidemiológica Iberoamericana para la Salud Visual y Ocular (REISVO). Resultados: las patologías con mayor morbilidad en la Región Central fueron trastornos de: conjuntiva (15.22%);

músculos extraoculares (13.37%); acomodación y refracción (13.06%); el menor índice lo presentaron los trastornos corneales (0.7% y 1.03%). Conclusiones: los trastornos conjuntivales fueron las afecciones con mayor índice en la Región Central de Colombia, en edades entre 15-44 años. El género femenino presentó mayor índice de afecciones visuales, y el régimen contributivo, mayor número de consultas de salud visual.

Palabras clave:

trastornos de la visión, morbilidad, prevalencia, enfermedades de la conjuntiva, enfermedades de la córnea, Registros Individuales de Prestación de Servicios de Salud RIPS.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introducción

Las patologías visuales y oculares forman parte de la principal causa de disminución y/o pérdida de la visión y de estas, los errores refractivos no corregidos y las cataratas no tratadas son las dos causas de mayor morbilidad visual a nivel mundial. Un gran porcentaje de las personas afectadas son mayores de 50 años y se estima que el 80% de las patologías visuales se pueden prevenir o curar. (Landín Sorí & Romero Sánchez, 2006). En Colombia según investigaciones anteriores los diagnósticos con mayor incidencia son los trastornos de la conjuntiva 55.9% para el año 2009 y los trastornos de la acomodación y la refracción 44.0% en el 2010, y los que registraron menor índice son ceguera, disminución de la agudeza visual y glaucoma para ese periodo. (Mayorga Corredor & Calixto Rubio, 2015). El objetivo de este estudio es describir la morbilidad visual y ocular analizada en la Región Central de Colombia acorde con los reportes RIPS 2013- 2015 con el fin de brindar una información actualizada sobre el comportamiento de las patologías visuales y oculares de la población objeto y contribuir con otros estudios que quieran dar continuidad a las estadísticas de la salud visual de los colombianos.

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2015), Colombia cuenta con la presencia de 23.799.679 hombres y 24.403.726

mujeres para un total de 48.203.405 habitantes hasta el año 2015. En la cabecera del país 36.846.935 personas y en el área restante 11.356.470. Hay un incremento de la población durante este periodo de 5.59%, con un aumento del género masculino de 5.60% y del femenino de 5.57%. (DANE, 2015). Esta población se encuentra distribuida en cinco grandes regiones de las que hace parte la Región Central del país objeto de esta investigación.

En el presente artículo, se abordará la temática desde la descripción de las características de la Región Central de Colombia, la definición e importancia de los RIPS, descripción de materiales y métodos, siguiendo con los resultados, y la discusión y conclusiones derivados de los mismos.

Región Central de Colombia

La Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) establece que la Región Central de Colombia comprende los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, área metropolitana de Medellín, Tolima, Huila, Quindío y Caquetá. Poblada con aproximadamente 35.667.798 habitantes hasta el año 2015. (DANE, 2015). Esta población se encuentra distribuida en todos los departamentos, subregiones y municipios representados en un 50.81% por

mujeres y 49.19% hombres. El aumento gradual de la población ha sido de 1.88% en toda la región en el periodo 2013-2015. El departamento antioqueño se encuentra ubicado al nordeste del país con 19.134.421 habitantes, distribuidos en subregiones y municipios según el censo emitido por el (DANE, n.d.) en las estadísticas sobre demografía y población; seguido del departamento del Tolima con presencia del género femenino de 49.94% y masculino 50.06%. En tercer lugar, se encuentra el departamento del Huila con un porcentaje de 49.81% mujeres y 50.19% hombres, (DANE, 2015). Los demás departamentos están distribuidos como lo indica la (Figura 1). En el Huila predomina el clima templado, teniendo algunos puntos con temperaturas bajo cero y gran variedad de suelos que facilitan la diversidad de producción agrícola y ganadera.

Los RIPS son una herramienta de gran utilidad no solo para las entidades reguladoras sino también para las que prestan los servicios de salud, ya que con ellos pueden soportar el cobro de los servicios prestados, conocer las causas más frecuentes que generan la prestación de los servicios, clasificar las patologías por regiones, género, régimen de afiliación poblacional, llevar un registro de la causa de morbilidad y mortalidad y así poder implementar programas de prevención de enfermedades. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015). A comienzos de la década de los 80 se dio inicio a la revisión de la CIE-10 (Clasificación Internacional de Enfermedades) en la que se definió que sería una clasificación alfanumérica entre 3 y 7 dígitos donde el primer carácter siempre sería una letra seguida de un número. El resto de los caracteres puede ser numéricos o alfanuméricos (Ministerio de Sanidad, 2010). La Resolución No 3374/2000 define los RIPS en el capítulo I, artículo primero, numeral 3, como el "conjunto de datos mínimos y básicos que el Sistema General de Seguridad Social en Salud requiere para los procesos de dirección, regulación y control (...) Los datos de este registro se refieren a la identificación del prestador del servicio de salud, del usuario que lo recibe, de la prestación del servicio propiamente dicho y del motivo que originó su prestación diagnóstico y causa externa" A su vez, el artículo 2, capítulo I, define el ámbito de aplicación para las Instituciones Prestadoras de Servicios de

Salud IPS, profesionales independientes o grupos de práctica profesional y las Entidades Administradoras de Planes de Beneficios EAPB (Ministerio de Salud Pública, 2000). Por otra parte, la Ley 1122 de 2007 en su artículo 44 parágrafo 2º reglamentado parcialmente por el Decreto Nacional 3085 de 2007 establece la obligación en la presentación de RIPS para todas las entidades y organizaciones del sector salud (Colombia, 2007).

Acorde a lo anterior, los prestadores de servicios de salud visual, optómetras y oftalmólogos en Colombia, están en la obligatoriedad de presentar ante la entidad correspondiente los RIPS. De igual forma, se requiere para la especificidad del diagnóstico, la utilización de los códigos internacionales, que actualmente están en la CIE 10 (Organización Panamericana de la Salud, 2013)

Materiales y métodos

Se realizó un estudio de tipo observacional, descriptivo retrospectivo, de la data de información emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, en los años 2013 a 2015- RIPS, tomando como base los 59 códigos del capítulo VII de la CIE 10, clasificados en 18 grupos dispuestos por REISVO (Red Epidemiológica Iberoamericana de Salud Visual y Ocular) así:

1. *Enfermedades del ojo y sus anexos*
2. *Trastornos de la película lagrimal*
3. *Trastornos de la conjuntiva*
4. *Trastornos de la esclerótica*
5. *Trastornos de la córnea*
6. *Trastornos del iris y el cuerpo ciliar*
7. *Trastornos del cristalino*
8. *Trastornos de la coroides*
9. *Trastornos de la retina*
10. *Glaucoma*
11. *Trastornos del cuerpo vítreo*

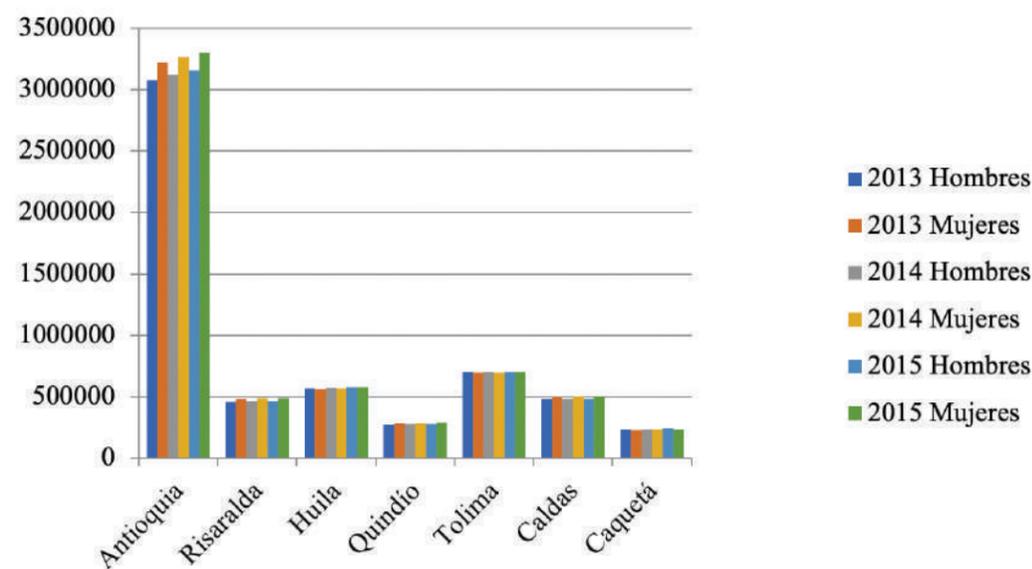


Figura 1. Demografía Región Central: proyecciones de la población 2013-2015 total por sexo y área territorial. Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos del DANE.

- 12. Trastornos del globo ocular
- 13. Trastornos del nervio óptico y las vías ópticas
- 14. Trastornos de los músculos extra oculares (MEO), y del movimiento binocular
- 15. Trastornos de la acomodación y la refracción
- 16. Alteraciones de la visión
- 17. Ceguera y disminución de la agudeza visual
- 18. Otros trastornos del ojo y sus anexos

Se incluyeron para este estudio las patologías de mayor incidencia en la región, según los reportes RIPS (Enfermedades del ojo y sus anexos, trastorno de los MEO y del movimiento binocular, trastornos de la conjuntiva, trastornos de la acomodación y de la refracción, glaucoma y trastornos de la córnea) para ese periodo.

Se utilizaron figuras porcentuales para la agrupación de las patologías visuales y oculares acorde con la clasificación REISVO, especificando los índices de prevalencia en la Región Central, para la proyección demográfica poblacional y para las patologías visuales y oculares más frecuentes en esta

región subdivididas en edad, género y régimen de afiliación, de acuerdo con los datos obtenidos en los reportes RIPS del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia durante el periodo 2013-2015.

Resultados

La Figura 2 muestra las patologías según la clasificación realizada por REISVO, registrando el porcentaje de morbilidad por diagnóstico de las alteraciones visuales y oculares en la población de la Región Central, durante el periodo 2013-2015. De los 18 grupos de patologías registradas, los trastornos de la conjuntiva reportaron el más alto índice patológico durante todo el periodo de descripción, con un 15.22% en el primer año, 14.81% para 2014 y en el último año de estudio 13.22%; seguido de los trastornos de los MEO y del movimiento binocular que para el primer año de estudio registró 13.37%, disminuyendo su frecuencia en el siguiente año a 13.32% y luego 13.09% para el 2015. Posteriormente los trastornos de la acomodación y de la refracción reportaron una frecuencia de 13.06% para el año 2013 y para los dos periodos siguientes 13.23% y 12.89% respectivamente; el reporte de glaucoma y los trastornos del cristalino se mantuvo sobre el 5% durante los tres periodos objeto de este

estudio, mientras que las demás patologías no sobrepasaron el 4.%. El menor índice patológico se encontró en los trastornos del iris y el cuerpo ciliar con un 0.09% en el 2013 e igual porcentaje para el 2014 y 0.11% para el año 2015.

En la Región Central de Colombia acudieron a consulta con el especialista de la salud visual y ocular un promedio de 5.500.000 personas anuales en el periodo comprendido entre 2013 al 2015, lo cual refleja un porcentaje de población del 57.98%. Para la descripción de las variables se tuvo en cuenta la edad, el género y el régimen de afiliación a la salud de la población objeto.

La Figura 3 muestra que el más alto índice de patologías visuales y oculares se registró en la población entre los 15-44 años de edad, con mayor prevalencia en los anexos oculares, en las que sobresalen los trastornos del párpado, el aparato lagrimal y órbita con un promedio de 5.86% diagnósticos por año; seguidamente en los trastornos de la conjuntiva el pterigión reportó un promedio de 13.9% de afecciones anuales; los trastornos de los MEO, el astigmatismo y el queratocono fueron otras patologías que

afectaron a la población de este rango etario. En las edades entre 45-59 años, los trastornos de la acomodación y la refracción indicaron que la presbicia fue el defecto refractivo más prevalente con más de 57.19% diagnósticos por año; en los adultos mayores (60 años y más) las afecciones del párpado y la sospecha de glaucoma fue el diagnóstico más frecuente en la región. El menor índice patológico se presentó en los menores de 0-4 años de edad con un porcentaje entre el 0.60% y el 1.11% durante ese periodo.

La Figura 4 muestra que del total de la población analizada, el género femenino presentó el mayor índice patológico visual y ocular de la región, con un 19.86% para el año 2013, en el siguiente año 20.92% y para el 2015 reportó 20.46%; de los trastornos de la acomodación y la refracción, la presbicia registró un índice de 4.86%, para el año 2013, manteniéndose estable en el siguiente año con un 4.85% y para el año 2015, reportó una pequeña disminución a 4.66%, seguido del astigmatismo que para el año 2013 registró 266.408 casos, equivalentes al 4.41% de la población registrada ese año, para el siguiente periodo aparece un incremento de 14.51% con respecto al año anterior y en el último año un porcenta-

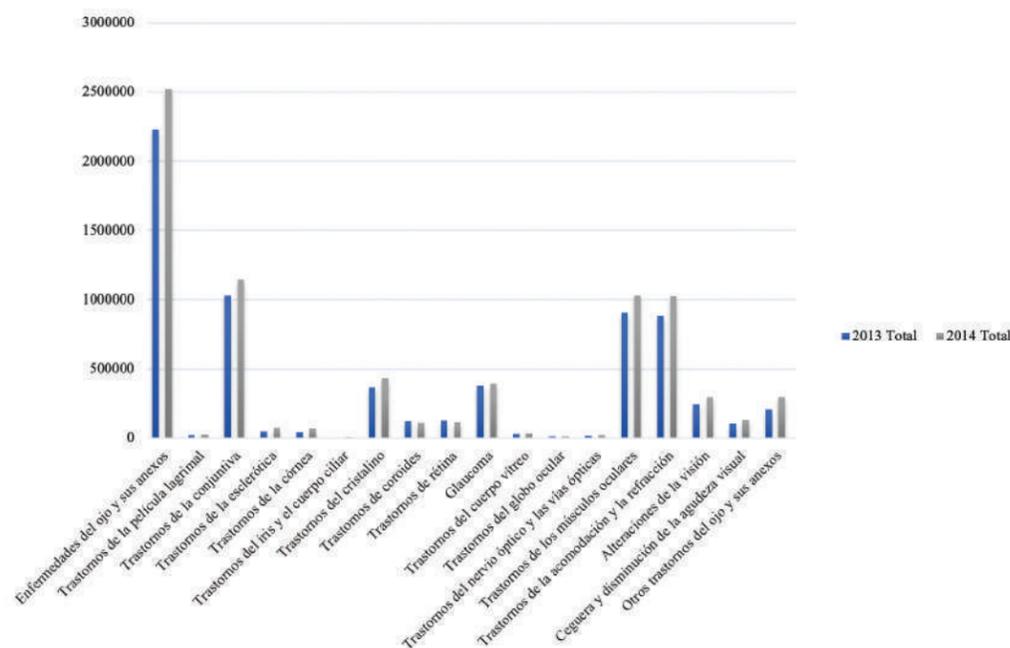


Figura 2. Morbilidad por diagnósticos de las alteraciones visuales y oculares en la Región Central según clasificación REISVO acorde con los RIPS 2013-2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

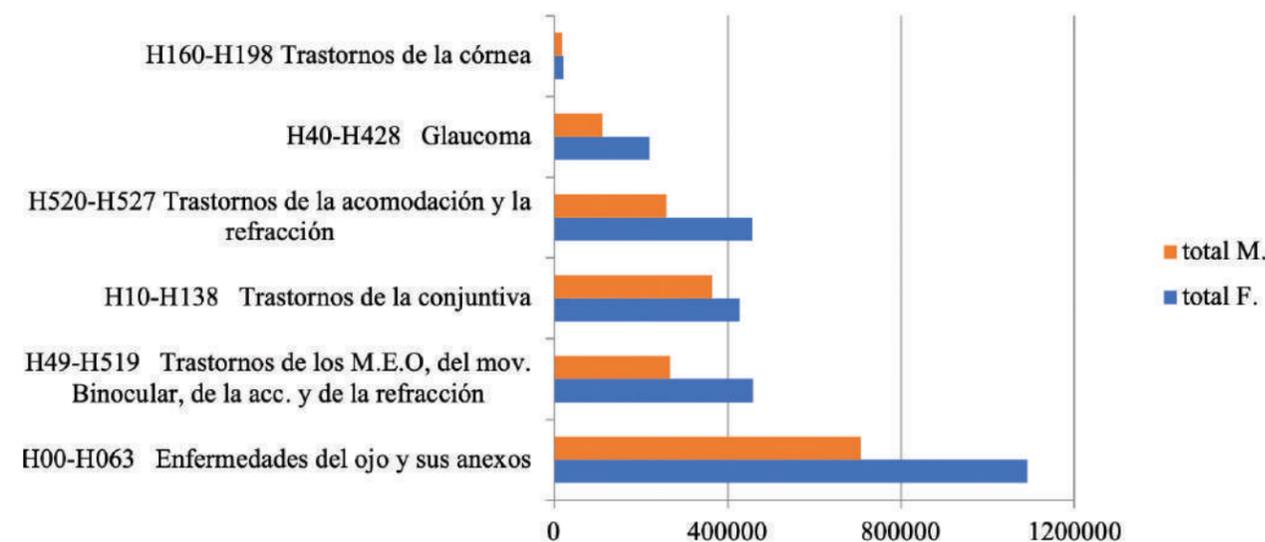


Figura 3. Patologías visuales y oculares con más alto índice según edad en la Región Central 2013-2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

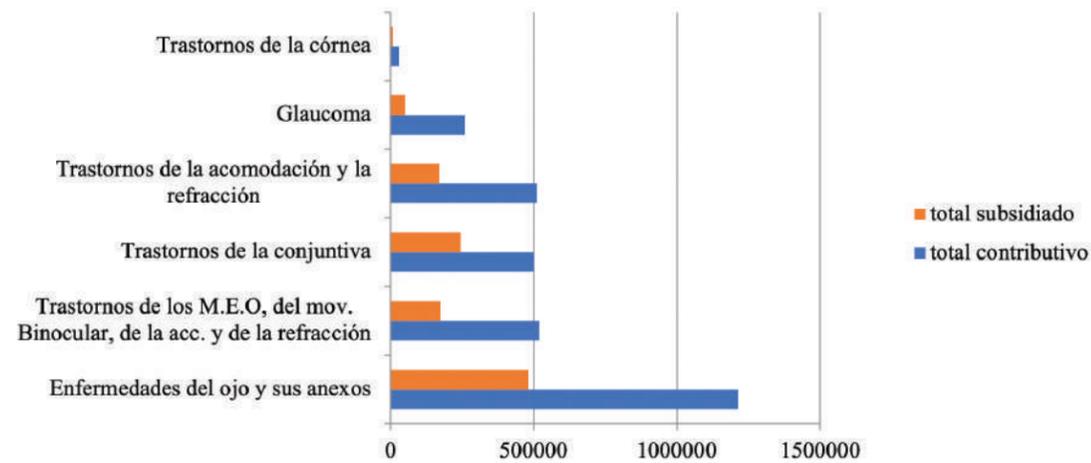


Figura 4. Patologías visuales y oculares con más alto índice según género Región Central 2013-2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

je superior al 4.62%. De las enfermedades del ojo y sus anexos, los trastornos del párpado, el aparato lagrimal y la órbita con más de 5.76% diagnósticos por año y, de las patologías referentes al glaucoma, la sospecha de glaucoma con más de 25.95% conforman las afecciones visuales y oculares más frecuentes en la población femenina de la región para ese periodo. De los trastornos de la conjuntiva, el pterigión con 13.58% promedio por año, afectó de manera significativa el género masculino durante los tres años objeto de estudio. Los trastornos de la córnea registraron la menor cantidad de consultas con el especialista de la salud visual durante todo el periodo objeto de estudio.

La Figura 5 indica el índice de patologías visuales y oculares según régimen de afiliación. Del total de población afiliada al sistema de salud en la Región Central, el régimen contributivo reportó el más alto porcentaje de atenciones con el especialista de la salud visual y ocular durante el periodo objeto de estudio, con un 23.26% durante el año 2013, 21.85% en el 2014 y 22.02% en el 2015. De las patologías visuales reportadas en este régimen de afiliación, más del 88.78% de los pacientes atendidos fueron diagnosticados con afecciones del ojo y sus anexos por año; seguido de los trastornos de los MEO con un promedio de 97.06%, luego los trastornos de la conjuntiva con más de 48.54% reportes, después

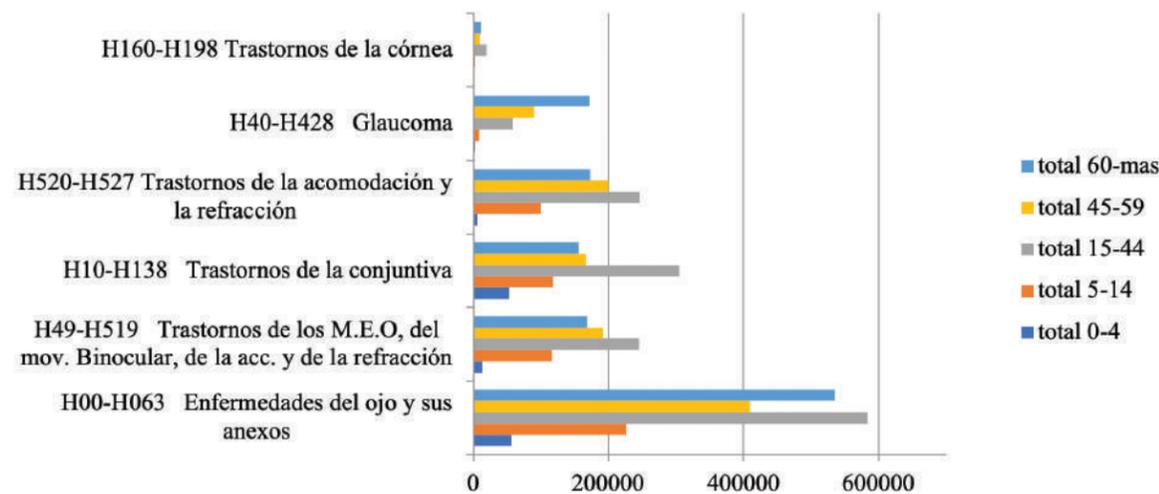


Figura 5. Patologías visuales y oculares con más alto índice según régimen de afiliación Región Central 2013-2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

los trastornos de la acomodación y la refracción determinan que la presbicia reportó 37.54% y el astigmatismo registró un promedio de 34.61% reportes; la sospecha de glaucoma reportó un promedio de 27.78% pacientes diagnosticados anualmente. El régimen subsidiado reportó que más del 91.18% de los pacientes atendidos padecían de los trastornos del ojo y sus anexos; los trastornos de los MEO superaron el 94.09% de pacientes diagnosticados; de los trastornos de la conjuntiva más de 48.81% afectados; de los trastornos de la acomodación y la refracción, la presbicia reportó más de 37.54% diagnósticos; el astigmatismo y el Glaucoma reportaron los menores índices patológicos en este régimen con 17.61% y 10.74% respectivamente en el último año objeto de estudio.

La Figura 6 muestra el índice de morbilidad de ceguera y disminución de agudeza visual en la Región Central durante el periodo 2013-2015. El mayor índice durante todo el periodo objeto de estudio lo presentó la disminución de la agudeza visual sin especificación con 50.40% para el año 2013, 49.71% en el siguiente año y 49.66% en el 2015, seguido de la disminución indeterminada de la agudeza visual en ambos ojos con un porcentaje de 20.38% en el primer año, 22.76% en el segundo y 20.52% en el último año objeto de este estudio. La visión sub-normal de ambos ojos reportó el tercer índice de morbilidad ocular en la región durante el periodo investigado con una frecuencia de 11.57% en el primer año y 10.41% en el último; las patologías que se refieren a disminución de agudeza visual en un ojo registraron índices de prevalencia inferiores al 6%;

la ceguera de ambos ojos se encontró entre los de menor porcentaje patológico durante los tres años que se refiere este estudio. De las patologías visuales relacionadas con disminución de la visión y ceguera, las de mayor índice durante el periodo fueron los trastornos del nervio óptico y las vías ópticas con un promedio de 48.70% en el año 2013, luego 47.89% en el siguiente año y 48.14% en el año 2015; la miopía degenerativa para el 2013 reportó 34.89% pero disminuyó casi a la mitad en el último año de estudio en un 18.08%, con mayor incidencia en la población entre los 15-44 años de edad; el glaucoma registró 47.30%, en el 2013, 46.90% en el 2014 y 47.46% en el 2015; la degeneración macular y de polo posterior que en el primer año reportó 36.88%, en el último 32.17%; la catarata senil no especificada se mantuvo alrededor de 16.0% durante todo el periodo con mayor incidencia en la población mayor de 60 años de edad.

El género femenino fue el que más prevaleció con 48.14% en el último año objeto de estudio

Discusión

A pesar de los programas implementados por las entidades encargadas de la salud y el esfuerzo conjunto por disminuir las alteraciones visuales y oculares (Asamblea Mundial de la Salud, 2013) continúan siendo elevados los porcentajes de patologías que se registran en la población. Los trastornos de la conjuntiva continúan siendo una de las afecciones con más alto índice en la Región Central de Colombia y afecta principalmente a la población entre los 15-44 años de edad, mientras que las afeccio-

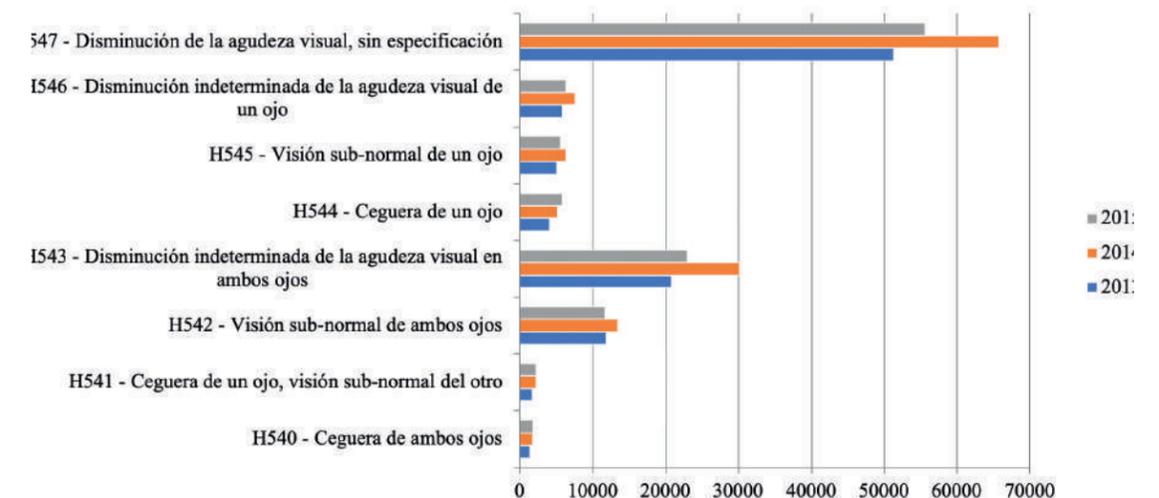


Figura 6. Ceguera y disminución de agudeza visual en la Región Central según reportes RIPS 2013-2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

nes de la córnea ocupan el último lugar. El género femenino presenta el más alto índice de afecciones visuales y el régimen contributivo, el mayor número de consultas con el especialista de la salud visual.

Según Rodríguez 2015, los diagnósticos más frecuentes en la Región Central durante el periodo 2009-2010 fueron los trastornos de la conjuntiva (2009: 60,1 % y 2010: 25,4%) y de la acomodación y refracción (2009:20,9 % y 2010: 43,9 %). El trastorno de los párpados fue el tercer diagnóstico más frecuente en los dos años (2009: 9,5 % y 2010: 4,4 %)(Medrano Muñoz & Duarte, 2015) mostrando así, que el trastorno de la conjuntiva ha sido el de más alto índice en la población analizada en los últimos años. Sin embargo, se logró identificar que este último índice ha disminuido notablemente pasando de un 60.1% en el 2009 a un 13.22% en el 2015, lo que conllevó a evidenciar que los datos analizados dentro de este estudio en un periodo de tiempo diferente 2013-2015, se obtuvieron resultados disímiles en los porcentajes de población valorada. Así mismo, dentro de los trastornos apreciados por la clasificación REISVO, se aportó en términos de novedad la ceguera y disminución de agudeza visual en la Región Central según reportes RIPS 2013-2015, lo cual aseveró un proceso de actualización de información dado por un lapso de tiempo de 3 años, siendo estos más recientes.

Según Sanclemente Mesa y Garzón, la exposición exagerada a la radiación ultravioleta es un factor de riesgo para el desarrollo de patologías en la piel y el cristalino y los valores de clasificación de la radiación ultravioleta IUV en Antioquia, van desde altos, muy altos y extremos a lo largo del día llegando a su punto máximo entre las 12:00 m y las 3:00 pm (Sanclemente Mesa & Hernández Garzón, 2010). Según datos epidemiológicos la radiación ultravioleta, la exposición al polvo, el medio ambiente y la edad están altamente relacionados con la evolución patogénica de pterigión (Song, Chang, Wang, & An, 2017).

Otro de los factores externos que afecta en gran medida los órganos visuales es el agotamiento de la capa de ozono que ocasiona un nivel elevado de radiación solar directa a la tierra, se considera que los rayos de luz ultravioleta y las capas de ozono atmosférica tendrían relativamente poco efecto so-

bre la incidencia de queratitis, pero pueden incidir en la aparición de cataratas (Walsh, 2009).

Según Cruz y Martorell, (2009) las afecciones conjuntivales son un síndrome a nivel mundial, el pterigión es más común en zonas ubicadas más cerca del ecuador entre los 0° y 30° de latitud y prevalece en la población que habita en áreas rurales debido a la mayor exposición a la luz solar y aumenta su incidencia con la edad (Aragonés Cruz & Alemañy Martorell, 2009).

En investigaciones similares se encontró que en la región oriental de Colombia los trastornos de la conjuntiva, de la refracción y los anexos oculares (párpados y aparato lagrimal) registraron altos porcentajes de índice patológico en esa población durante el periodo 2009-2010. (Mayorga Corredor & Calixto Rubio, 2015) y comparados con los datos obtenidos en la región central, las afecciones de la conjuntiva y los trastornos de la acomodación y la refracción han sido las patologías visuales y oculares más prevalentes en la última década en el territorio nacional; si bien el clima y los altos niveles de radiación influyen, el uso de la tecnología contribuye en gran medida a que estas cifras se mantengan.

En la actualidad el síndrome que más se presenta en los adolescentes, jóvenes y adultos en etapas de alta productividad es el síndrome de la visión del computador, esto ocasiona numerables signos y síntomas que se convierten en una alerta de consulta con el especialista ya sin lugar a duda afectan la cotidianidad de los usuarios de computador; generalmente los usuarios activos de dispositivos electrónicos, presentan una alta prevalencia de insuficiencia de convergencia y exoforias, además, la amplitud de acomodación y la convergencia se ven bastante afectadas en muy poco tiempo de estar trabajando en visión próxima (Castillo Estepa & Igutí, 2013). Según los datos obtenidos en este estudio en la población de la Región Central se evidenció que hubo una disminución significativa en las alteraciones refractivas como el trastorno de la acomodación y la refracción que paso de un 43.9% en el 2010 a un 12.89% en el 2015.

El Instituto Nacional para Ciegos (INCI) en el 2014, reportó que 432.042 personas presentan limitación visual de las cuales el 53.93% son de sexo femeni-

no y para la ciudad de Medellín el reporte de esta misma entidad es de 14.057 personas para el mismo año. (INCI, 2015) la incidencia reportada por INCI coincide con los reportes arrojados en este estudio donde el mayor índice lo presentó la disminución de la agudeza visual sin especificación con mayor índice patológico en los trastornos del nervio óptico y las vías ópticas durante todo el periodo.

Conclusiones

En el año 2009, Colombia presentó un alto índice de prevalencia en los trastornos de la conjuntiva, el cual disminuyó sustancialmente en el periodo 2013-2015. Sin embargo, los trastornos conjuntivales en el periodo de estudio, fueron uno de los problemas con mayor porcentaje en la población de la región central según el dato obtenido de los RIPS.

Para el año 2015 aunque disminuyó el índice patológico visual y ocular, este sigue siendo objeto de observación; los trastornos de la acomodación y la refracción, los trastornos de los MEO y de la conjuntiva mantienen un porcentaje alto con respecto a las otras patologías oculares en la región.

En cuanto a los regímenes, se observó en el periodo estudiado, que el régimen contributivo tuvo mayor afluencia de personas para evaluación visual con una diferencia del subsidiado de más del 200%.

Existen indicadores ascendentes referentes al género femenino, deduciendo que este fue el que más acudió a examen visual, dado que el índice poblacional de la región atribuye a más mujeres que a hombres, según datos reportados por el DANE.

Las afecciones visuales y oculares, en términos generales, guardan una estrecha relación con las condiciones climáticas y atmosféricas. La Región Central presenta un clima templado y seco, por lo cual es posible que aumente la probabilidad en la población de desarrollar patologías conjuntivales como el pterigión, por el factor de riesgo climático.

El uso de la tecnología en la actualidad, conlleva a la recomendación de usar de forma preventiva protección contra los rayos UVA y UVB, y de esta manera evitar que las cifras de prevalencia frente a las

afecciones visuales y oculares sea uno de los factores que más afecte a la población a nivel mundial.

Es necesario continuar con las investigaciones acerca de los factores que ocasionan afecciones visuales y oculares, haciendo énfasis en los trastornos conjuntivales como el pterigión, con el fin de seguir avanzando en la búsqueda de mejores formas de protección y lograr que la futura población arroje menores índices patológicos visuales y oculares.

Referencias

- Aragonés Cruz, B., & Alemañy Martorell, J. (2009). Relación de la radiación ultravioleta y el pterigión primario. *Revista Cubana de Oftalmología*, Vol. 22, p. 0. scielocu.
- Asamblea Mundial de la Salud, 66. (2013). Proyecto de plan de acción para la prevención de la ceguera y la discapacidad visual evitables 2014-2019: Salud ocular universal: un plan de acción mundial para 2014-2019: Informe de la Secretaría. Retrieved from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/150916>
- Castillo Estepa, A. P., & Igutí, A. M. (2013). Síndrome de la visión del computador: diagnósticos asociados y sus causas. *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 11(2), 97. <https://doi.org/10.19052/sv.2504>
- Colombia, C. de C. Ley 1122 De 2007 (09 de enero de 2007). *Legis Editores § (2007)*.
- DANE. (n.d.). *Reloj de población*. Retrieved from: http://www.dane.gov.co/reloj/reloj_animado.php%3E
- DANE. (2015). *Proyecciones de población*. Retrieved from : <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- INCI. (2015). *Informe Estadístico del Instituto Nacional Para Ciegos*. Retrieved from: <http://www.inci.gov.co/observatorio-social/informes-estadisticos/otroestudios-e-investigaciones>
- Landín Sorí, M., & Romero Sánchez, R. E. (2006). La ceguera y baja visión en el mundo: ¿un problema médico o social?. *Humanidades Médicas*, Vol. 6, p. 0. scielocu.

- Mayorga Corredor, M. T., & Calixto Rubio, M. D. P. (2015). Caracterización de la morbilidad visual y ocular de la población atendida en la región oriental, según los reportes de los RIPS, 2009 y 2010. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 13(1), 77. <https://doi.org/10.19052/sv.2891>
- Medrano Muñoz, S. M., & Duarte, A. (2015). Caracterización de la morbilidad visual y ocular de la población atendida en la región de la Orinoquía y la Amazonía, según los reportes de los RIPS, 2009 y 2010. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 13(1), 113. <https://doi.org/10.19052/sv.3376>
- Ministerio de Salud Pública. Resolución 3374 De 2000. Diario Oficial No 44.276, del 30 de diciembre de 2000 § (2000).
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). *Sistema Integral de Información SISPRO*. Retrieved from : <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/SistemaIntegraldeInformaciónSISPRO.aspx>
- Ministerio de Sanidad, G. de E. (2010). *Hacia la CIE 10* (pp. 1-47). pp. 1-47. Retrieved from: https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/normalizacion/CIE10/2010_HaciaCIE10.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Actualizaciones de la CIE-10*. Retrieved from: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9178:2013-actualizaciones-cie-10&Itemid=40350&lang=es
- Sanclemente Mesa, G., & Hernández Garzón, G. E. (2010). Altos índices de radiación ultravioleta en Medellín y en una localidad del oriente antioqueño (COLOMBIA). *Latreia*, Vol. 23, pp. 119-126. scieloco.
- Song, P., Chang, X., Wang, M., & An, L. (2017). Variations of pterygium prevalence by age, gender and geographic characteristics in China: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 12(3), e0174587. Retrieved from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174587>
- Walsh, K. (2009). UV radiation and the Eye. *Optician*, 26-33.



José David Gómez Gil
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Centro de Estudios Aeronáuticos

Implementation of a Centralized Remote System as a Way to Improve Aeronautical Maintenance *

OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 62-81

Citación: Gómez, L., Gómez, J., (2019). Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 62-81. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

José David Gómez Gil

Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Sistemas y Tecnologías, estudiante de la Maestría en Administración MBA de la Universidad Pontificia Bolivariana, coordinador del Grupo de Soporte Técnico de la Regional Antioquia de la Aeronáutica Civil.

jose.gomez@aerocivil.gov.co

CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001629_485

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

Edgar Leonardo Gómez Gómez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones con mención de honor meritoria de tesis, licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y Punto Focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI.

edgar.gomez@aerocivil.gov.co

CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458_325

* Reflection article derived from a project titled "Design and implementation of a centralized remote access system, for monitoring and controlling radio navigation used by the Civil Aeronautics Authority in the Antioquia Regional Division." Aeronautics research group in the Center for Aeronautical Studies (CEA) and the Administrative Unit of the Civil Aeronautics Authority.

Abstract

This article describes the implementation process of a system to access navigation data remotely from the central airport of the Antioquia Regional Division of the Civil Aeronautics Authority. The system operates in the ATSEP (Air Traffic Safety Electronic Personnel) work terminal and allows for the efficient collection of navigation data obtained from radio air navigation aids, located in the Antioquia Regional Division. Maintaining Radio aids operating is critical for the fulfillment of the organization's mission, and for the safety of airspace users.

The problem that was found was the difficulty in accessing and managing Radio Aids, since there was no real-time connection channel with the stations in the Region. To mitigate this problem, a remote access system was designed to interconnect them to a central station. This allowed unnecessary costs to be eliminated, because there was no longer a need to send technical personnel to the radio site in the case of failure or alarm; It also allowed for constant monitoring and access to navigation systems, which can be used for maintenance and operation. Therefore, it is now possible to provide

24/7 service that guarantees effective and reliable air safety.

To achieve this, different radio links were installed. They send data to the main tower of each airport in the Regional Division. Then, the information was integrated into the Aeronautics Authority's network through network devices (Port Server and Switch) that are part of the implemented system.

The elements used for the system were recycled from previously disassembled systems from the Aeronautics Civil Authority. By using these elements, the system was implemented efficiently, optimizing costs and taking advantage of the materials available to the entity.

Key Words:

Control, Aeronautical Maintenance, Monitoring, Radio Navigation Aids; Air Navigation Services; Air Traffic Operational Safety; Remote System.

José David Gómez Gil
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Centro de Estudios Aeronáuticos

Implementação de um sistema remoto centralizado como uma melhoria para a manutenção aeronáutica*

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 62-81

Citación: Gómez, L., Gómez, J., (2019). Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 62-81. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

José David Gómez Gil

Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Sistemas y Tecnologías, estudiante de la Maestría en Administración MBA de la Universidad Pontificia Bolivariana, coordinador del Grupo de Soporte Técnico de la Regional Antioquia de la Aeronáutica Civil.
jose.gomez@aerocivil.gov.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001629_485

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

Edgar Leonardo Gómez Gómez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones con mención de honor meritoria de tesis, licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y Punto Focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI.
edgar.gomez@aerocivil.gov.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458_325

* Artigo de reflexão, derivado do projeto: "Desenho e implementação de um sistema de acesso remoto centralizado, para o monitoramento e controle de radio-ajudas à navegação aérea da Aeronáutica Civil na Regional Antioquia". Grupo de pesquisa Aeronáutica do Centro de Estudos Aeronáuticos CEA e a Unidade Administrativa de Aeronáutica Civil.

Resumo

Este artigo descreve o processo de implementação de um sistema remoto de acesso de dados de navegação, desde o Aeroporto central da Regional Antioquia da Aerocivil. O sistema opera na terminal de trabalho do pessoal ATSEP (Pessoal eletrônico para a segurança do tráfico aéreo) e permite a obtenção eficiente de dados de navegação desde as radio-ajudas à navegação aérea localizadas na Regional Antioquia. Manter as operativas é prioritário para o cumprimento da missão da Entidade e para a segurança dos usuários do espaço aéreo.

O problema apresentado era a dificuldade para o acesso e a gestão das radio-ajudas, dado que não se tinha um canal de conexão em tempo real com as estações da região. Para mitigar este problema, desenhou-se um sistema de acesso remoto para interconectá-las com uma estação central. Isto permitiu suprimir custos desnecessários, por não trasladar pessoal técnico até o lugar da radio-ajuda quando existe uma falha ou alarme; além disso, permitiu monitorar e acessar os sistemas de navegação de maneira constante para a sua manutenção e operação, e assim prestar um serviço 24/7 que garanta uma segurança aérea efetiva e confiável.

Para realizar este desenvolvimento instalaram-se diferentes radio-enlaces que transportam os dados até a torre principal de cada aeroporto dentro da Regional e depois se integrou a informação à rede da Aerocivil por meio de dispositivos de rede (Port Server y Switch) que fazem parte do sistema implementado.

Os elementos que foram usados são reutilizados de sistemas desmontados com antecedência por parte da Aerocivil; com a utilização destes elementos se conseguiu implementar o sistema de maneira eficiente, otimizando custos e aproveitando os materiais com os que conta a Entidade.

Palavras-chave:

controle, manutenção aeronáutica, monitoramento, radio-ajudas, serviços à navegação aérea, segurança operacional do trânsito aéreo, sistema remoto.

José David Gómez Gil
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Centro de Estudios Aeronáuticos

Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico*

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 62-81

Citación: Gómez, L., Gómez, J., (2019). Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 62-81. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

José David Gómez Gil

Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Sistemas y Tecnologías, estudiante de la Maestría en Administración MBA de la Universidad Pontificia Bolivariana, coordinador del Grupo de Soporte Técnico de la Regional Antioquia de la Aeronáutica Civil.

jose.gomez@aerocivil.gov.co

CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001629_485

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

Edgar Leonardo Gómez Gómez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones con mención de honor meritoria de tesis, licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y Punto Focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI.

edgar.gomez@aerocivil.gov.co

CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458_325

* Artículo de reflexión, derivado del proyecto: "Diseño e implementación de un sistema de acceso remoto centralizado, para el monitoreo y control de radioayudas a la navegación aérea de la Aeronáutica Civil en la Regional Antioquia". Grupo de investigación Aeronáutica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y la Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil.

Resumen

Este artículo describe el proceso de implementación de un sistema remoto de acceso de datos de navegación, desde el Aeropuerto central de la Regional Antioquia de la Aerocivil. El sistema opera en la terminal de trabajo del personal ATSEP (Personal electrónico para la seguridad del tráfico aéreo) y permite la obtención eficiente de datos de navegación desde las radioayudas a la navegación aérea localizadas en la Regional Antioquia. Mantenerlas operativas es prioritario para el cumplimiento misional de la Entidad y para la seguridad de los usuarios del espacio aéreo.

El problema presentado, era la dificultad para el acceso y la gestión de las radioayudas, dado que no se tenía un canal de conexión en tiempo real con las estaciones de la región. Para mitigar este problema, se diseñó un sistema de acceso remoto para interconectarlas con una estación central. Esto permitió suprimir costos innecesarios, por no trasladar personal técnico hasta el lugar de la radioayuda cuando hay una falla o alarma; además permitió monitorear y acceder a los sistemas de navegación de manera constante para su mantenimiento y operación y así, prestar un servicio 24/7 que garantice una seguridad aérea efectiva y confiable.

Para llevar a cabo este desarrollo, se instalaron diferentes radioenlaces que transportan los datos hasta la torre principal de cada aeropuerto dentro de la Regional y luego se integró la información a la red de la Aerocivil por medio de dispositivos de red (Port Server y Switch) que hacen parte del sistema implementado.

Los elementos que se usaron son reutilizados de sistemas desmontados con anterioridad por parte de la Aerocivil; con la utilización de estos elementos se logró implementar el sistema de manera eficiente, optimizando costos y aprovechando los materiales con los que cuenta la Entidad.

Palabras clave:

control, mantenimiento aeronáutico, monitoreo, radioayudas, servicios a la navegación aérea; seguridad operacional del tránsito aéreo, sistema remoto.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introducción

Los sistemas de comunicación inalámbricos son herramientas que permiten conectar dispositivos en diferentes formatos. Una de sus grandes bondades, es la posibilidad de facilitar el transporte de información a largas distancias, permitiendo el acceso en tiempo real a aplicativos desde puntos remotamente distantes.

Estas herramientas han logrado una transformación de gran importancia para la industria y han cambiado los paradigmas de la comunicación convencional basada en canales cableados, que presentaba dificultades a la hora de transportar información a largas distancias por sus altos costos de infraestructura; pasaron varias décadas para que esta forma de comunicar cambiará la visión de diferentes sectores empresariales, en especial de la Aviación Civil.

Los sistemas de comunicaciones logran integrarse a una gran red (INTERNET) que permite expandir la información de manera global sin necesidad de utilizar canales dedicados exclusivamente a una aplicación (microondas, radios de transmisión, entre otros) simplificando así el modo y los costos de transportar datos a largas distancias, posibilitando el ruteo de información a un destino determinado.

La navegación aérea por su parte, requiere en la mayoría de sus procesos el funcionamiento de sistemas de comunicaciones que permitan establecer una interacción constante entre el control de tránsito aéreo y los pilotos. Por ejemplo, parte de la infraestructura de comunicaciones usada para la prestación del servicio móvil aeronáutico son las antenas de UHF y VHF para comunicación por radio, como las que se ven en la Figura 1. La transmisión de datos de forma inalámbrica brinda la posibilidad al prestador de servicios de navegación aérea de tener visualización de datos radar, comunicaciones aeronáuticas disponibles, información de rutas y de la altura que deben mantener los pilotos en un vuelo determinado, según indiquen las cartas de navegación aérea;

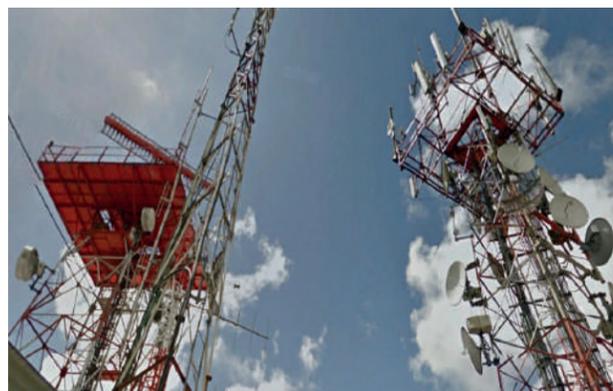


Figura 1. Estación Aeronáutica Cerro Verde - Aerocivil. Fuente: Google Earth (2016).

además, dichos sistemas permiten que una aeronave aterrice en condiciones de baja visibilidad.

Para garantizar la efectividad y mantenibilidad de los sistemas se debe tener un acceso inmediato y constante a ellos para la visualización y el control de parámetros, consiguiendo de esta manera la prestación oportuna de los servicios, y con ello certificar un espacio aéreo seguro y confiable. (Aerocivil, 2015).

Con el propósito de encontrar una solución adecuada a las dificultades de acceso y gestión de las radioayudas que sirven como herramienta de apoyo al personal de mantenimiento para la ejecución inmediata en caso de alarma, avería o interrupción del servicio, se buscó la manera más eficiente de centralizar la información de estos sistemas. La solución consistió en diseñar e implementar un sistema de acceso remoto centralizado, utilizando los dispositivos antiguos de la Entidad con el fin de optimizar recursos y reutilizar el material que estuviera en excelente estado.

Lo novedoso de este proyecto es la estrategia administrativa que se desarrolló para el diseño e implementación del sistema remoto centralizado. En primer lugar, fue un proyecto de investigación

realizado por el personal de la Entidad. Si bien la implementación de una red digital de telemetría no es una idea nueva, generalmente un proyecto como este se suele realizar contratando con una empresa externa, lo cual resulta demasiado costoso. Los servidores públicos involucrados mejoraron sus competencias técnicas y agregaron valor a su perfil profesional.

En segundo lugar, los equipos utilizados no tuvieron que ser adquiridos, y no se incurrió en altos gastos de dinero. Eran usados para la transmisión de datos meteorológicos, en una red que debía ser actualizada, lo que obligaba a desmontarlos y darlos de baja. En lugar de enviarlos al almacén y terminar su vida útil, se pensó en reutilizarlos para esta aplicación.

Se solucionó el problema con un valor agregado, dado por el óptimo uso de los recursos, la reutilización de elementos tecnológicos y la implementación de un sistema desarrollado de manera autónoma que beneficia a la población del sector aeronáutico, que va desde el prestador de servicios hasta los usuarios. Al finalizar el proyecto, se aumentaron los niveles de seguridad operacional y se garantizó la continuidad del servicio de navegación aérea, lo que incrementó su eficiencia y abrió la posibilidad de replicar la experiencia a nivel nacional.

Materiales y métodos

Los servicios para la navegación aérea, sus normas y desafíos

La Aeronáutica Civil como ente regulador del espacio aéreo colombiano, sigue los lineamientos y las normas fijadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) (Aerocivil, 2019). Dentro de sus directrices se fijaron 19 anexos en los cuales la Aeronáutica Civil basa sus normas y elabora los procedimientos en materia de Seguridad Operacional. La OACI como ente regulador a nivel mundial, es quien audita los procedimientos que se emplean en los diferentes Estados y con ello se garantiza que los servicios para la navegación aérea se implementen dentro de los lineamientos y estándares mundiales

(ICAO, 2019).

El uso de la red aeronáutica como agente para el transporte de datos

La Aeronáutica Civil cuenta con diversos medios de comunicación para el transporte de la información aeronáutica proveniente de los sistemas CNS/MET (Comunicaciones, Navegación, Vigilancia y Meteorología), con el propósito de expandir la información suficiente para la operación de un espacio aéreo seguro y confiable (Rohde y Schwarz, 2013). Como lo afirma Fontallis (2006):

La Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas del inglés Aeronautical Telecommunication Network (ATN) es una red digital de alcance global normada y recomendada por la (OACI), y se utiliza para las aplicaciones aire-tierra y tierra-tierra de las que necesita el creciente desarrollo de la aeronáutica civil internacional. Esta soporta la arquitectura de redes que permite el funcionamiento correcto como sistema único de las subredes de datos de tierra, aire-tierra y aviónica, mediante la adopción de servicios y protocolos con equipos basados en el modelo de referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos del inglés. Open Systems Interconnection (OSI).

En tal contexto la Aeronáutica Civil en Colombia ha mejorado en los últimos años la plataforma de comunicaciones para el transporte de los diversos servicios para voz y datos, tanto los aeronáuticos (VHF, RADAR, AFTN, ATS, RED WAN/LAN); como los corporativos (extensiones, correo electrónico, PAF, SIGMA, INTERNET) (ICAO, 2015). Grandes inversiones han permitido que Colombia esté a la vanguardia de la tecnología y con la capacidad necesaria para suplir las demandas actuales y futuras, con la adquisición e implementación de enlaces de microondas, satelitales y canales contratados. Todo respaldado por una red de soporte técnico conformada por el personal ATSEP, experto en cada sistema (Aerocivil, 2012).

Las radioayudas para la navegación aérea

Son instrumentos electrónicos ubicados en tierra que emiten señales de radiofrecuencia para el control de la seguridad aérea; dichos servicios los presta la Aeronáutica Civil para el enrutamiento de aeronaves mediante arreglos de antenas como elementos de propagación al aire. La Aeronáutica Civil cuenta con seis seccionales en todo el territorio nacional, la Regional Antioquia es una de ellas y cuenta con la operatividad de tres diferentes sistemas de Radioayudas: DME (Distance Measuring Equipment), VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range), e ILS (Instrument Landing System).

El Sistema VOR, se utiliza “en los lugares y en las rutas donde la intensidad de tráfico y la poca visibilidad requieran una Radioayuda de corto alcance para la navegación instalada en tierra, para el ejercicio eficaz del control de tránsito aéreo, o donde se requiera tal ayuda para la operación segura y eficiente de las aeronaves”. Aerocivil (2016). El DME es un sistema telemétrico que le permite al piloto conocer la distancia que hay entre el aeroplano y la estación emisora de la frecuencia. Por su parte, el ILS se compone de tres subsistemas (localizador, senda de planeo y DME de aproximación), estos “son sistemas normalizados de ayudas no visuales para la aproximación y el aterrizaje de precisión de aeronaves” Aerocivil (2016). En síntesis, los sistemas



Figura 2. Ubicación de Radioayudas.
Fuente: Google Earth (2016)

de Navegación Aérea son un conjunto de subsistemas que hacen parte de los procedimientos que se enmarcan en las cartas aeronáuticas para que las aeronaves puedan sobrevolar y aproximar un área determinada (International Civil Aviation Organization [ICAO], 2014).

Las Radioayudas adscritas a la Regional Antioquia, se encuentran localizadas en los departamentos de Caldas, Chocó, Córdoba y Antioquia. Estas se ubican en puntos geográficamente distantes los cuales se muestran resaltados en rojo en la Figura 2.

El sistema de telecomunicaciones ATN Argentina como referente para este proyecto

En el quinto taller del grupo de implantación SAM de la OACI se presentó la nota de un sistema de indicación remota de radioayudas en tiempo real a través de la red de telecomunicaciones ATN Argentina (Organización de Aviación Civil Internacional [OACI], 2010). Este sistema permite monitorear el estado actual de cada radioayuda y se logra integrar mediante una misma interfaz para las radioayudas en el estado argentino. Este fue uno de los trabajos que se tomaron como modelo para la realización del desarrollo documentado de este artículo, teniendo en cuenta que había sido probado y validado por la autoridad de aviación civil internacional.

El retorno de la inversión, mediante el uso del mantenimiento computarizado

Un aspecto fundamental que las empresas deben tomar en cuenta para un desempeño eficiente consiste en garantizar una elevada disponibilidad de los equipos, con el objetivo de evitar paradas dentro de la operación y así lograr una estabilidad en la calidad y el servicio. En la Aerocivil, los encargados de cumplir con este propósito son los Grupos de Soporte Técnico, teniendo presente disminuir el costo de su gestión como parte del valor añadido de una industria (Herrera Galan y Duany Alfonso, 2016).

La implementación de un Sistema de Acceso Remoto Centralizado para realizar un mantenimiento computarizado puede aportar beneficios, descritos por Torres (2008) como:

- Reducción de la inversión anual en mantenimiento en un 31% debido a la optimización de los recursos humanos.
- Reducción del uso anual de materiales de recambios en un 21%.
- Reducción de 9% por optimización en la compra de Materiales.
- Reducción de Inventarios en Almacén de Recambios en un 20%.
- Aumento de la eficiencia de las instalaciones en un 2%.

Estructura y funcionamiento del mantenimiento aeronáutico

Los procesos de soporte y mantenimiento a la infraestructura aeronáutica entre ellas las radioayudas, están a cargo de la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea. De dicha Dirección se despliegan las coordinaciones de cada una de las regionales encargadas de velar por el buen funcionamiento y estabilidad de los sistemas de cada seccional (Aerocivil, 2011). En este caso en particular la Regional Antioquia es la encargada de monitorear y controlar las radioayudas para la navegación aérea de los departamentos de Caldas, Córdoba, Chocó, la zona de Urabá y el resto del territorio antioqueño.

El personal ATSEP es el encargado de asistir las radioayudas para la navegación aérea. “Entre la comunidad aeronáutica nacional e internacional, se conoce al personal ATSEP como el colectivo que realiza la gestión de tecnología y mantenimiento a la infraestructura de los sistemas CNS” OACI (2004).

En el área de soporte técnico de la regional Antioquia, se presenta la necesidad de monitorear y controlar los sistemas que se utilizan para la navegación aérea, esto con el fin de optimizar los procesos de mantenimiento y continuar la prestación del servicio de manera eficiente.

En búsqueda de una solución para el personal de mantenimiento

Previo al desarrollo de este proyecto, el personal de mantenimiento no tenía la posibilidad de realizar una supervisión y control de los sistemas de información de las demás estaciones regionales, pues desde la terminal central de la Regional Antioquia (Aeropuerto José María Córdova de Rionegro) no contaban con un sistema que les permitiera visualizar los parámetros de funcionamiento y diagnosticar el estado de los equipos.

El personal técnico (ATSEP) especializado en los sistemas de radioayudas, se encuentra localizado en la terminal central de la Regional Antioquia. Desde dicho lugar solo se lograba recolectar la información de los reportes de fallas y anotarlos en una bitácora para gestionar una comisión de trabajo que se desplazara hasta el lugar de ubicación del sistema, donde se le permitiera al técnico designado corregir la falla. Este procedimiento en general tardaba un periodo de tiempo prolongado mientras se tramitaban los tiquetes y viáticos mediante la Dirección de Telecomunicaciones, causando mayores costos en la prestación del servicio, debido a la suspensión temporal del sistema mientras se atendía la falla y se emprendía el desplazamiento del personal designado.

Otro de los problemas que causaba la no prestación constante de algún sistema de radioayudas, es que en ocasiones los aeropuertos cuentan con estados de muy baja visibilidad por sus condiciones meteorológicas, obligando así a su cierre temporal, generando mayores costos de operación a las aerolíneas y a la misma entidad.

Los sistemas de radioayudas en Antioquia no contaban con enlaces de comunicación para llevar la información hasta el aeropuerto central, por tal motivo se buscó mejorar los procesos de mantenimiento y monitoreo de los equipos para una mayor fiabilidad y dinamismo en la prestación de los servicios aeronáuticos. Desde el grupo de soporte técnico de la regional Antioquia se trabajó en una



solución que optimiza los recursos de la Entidad mediante la reutilización de radios y antenas que hacían parte de los enlaces que transportaban datos meteorológicos. Estos fueron reemplazados por un nuevo sistema y aprovechando dichos elementos se pudo resolver la situación expuesta.

La aviación civil en la región antioqueña ha incrementado el flujo de pasajeros y de nuevas aerolíneas que han entrado en operación obligando a la prestación de un servicio de calidad y a tener una seguridad y mantenibilidad en los sistemas para la operación de vuelos. (AIRPLAN, 2016). Debido a este crecimiento y a la necesidad de prestar un servicio más eficiente, se implementó este sistema. De acuerdo con los cambios y los avances tecnológicos que viene implementando la Aerocivil en su infraestructura, quedaron a disposición elementos que se pueden reutilizar en otras aplicaciones que son esenciales para el buen funcionamiento y operatividad de los equipos.

- Reutilizar dispositivos en nuevas aplicaciones, una alternativa para solucionar el problema

De los cambios en las estaciones meteorológicas que se realizaron en el año 2015 (Sistema Electrónico de Contratación Pública [SECOP], 2015), quedaron a disposición de soporte técnico dispositivos como radios y antenas los cuales se utilizaron en este trabajo para establecer los enlaces de radio y con ello transportar la información entre los sistemas de radioayudas y un punto de acceso a la red, para luego integrarlos al sistema de acceso remoto ubicado en el aeropuerto José María Córdova de Rionegro.

El punto centralizado de monitoreo y control de radioayudas se sitúa en la sala técnica del aeropuerto de Rionegro debido a que en dicha sede se encuentra ubicado el personal ATSEP, permitiendo reducir los costos derivados de la expedición de viáticos y tiquetes aéreos para los funcionarios encargados de los sistemas. Con la prestación del sistema de gestión remota, los técnicos no requieren desplazarse hasta el sitio, a no ser que sea por un daño físico del mismo.

Proyecto de actualización tecnológica de equipos meteorológicos

La meteorología de los aeropuertos del país (EMAS, RVR, entre otros) fueron reemplazadas en el año 2015 por nuevos sistemas, dejando a disposición de la Entidad elementos como Radios TransNet 900, Antenas directivas, Cables de RF, Conectores de RF, Protectores de Antena y Ordenadores. Dichos elementos se utilizan para el montaje de los enlaces de radio, con el fin de transportar los datos desde el sitio donde se localiza el sistema de navegación hasta el punto de red más cercano para integrar los datos y luego ser transportados hasta el punto de red central del aeropuerto de Rionegro.

Propuesta metodológica

El presente artículo es derivado de la investigación e implementación de un desarrollo tecnológico que difiere en algunos aspectos sustanciales con los que habitualmente se trabajan proyectos investigativos.

Este es un tipo de estudio empírico y de corte experimental, dado que se analizó el problema y con ello se logró establecer qué elementos se necesitaron para la implementación del sistema. En su momento se realizaron laboratorios y ambientes de prueba para llegar a la solución más efectiva.

Entre las fuentes de recolección de datos utilizadas, se encontraron datos primarios, dado que se tuvo acceso desde la misma dependencia y que permitió extraer información oral y escrita recopilada a través de relatos y textos tales como bitácoras del sistema de gestión que emplea el personal técnico de la entidad para el seguimiento y análisis del estado de los equipos de navegación aérea.

Se utilizaron algunas fuentes secundarias para conocer más en detalle la normatividad Aeronáutica y el funcionamiento de los dispositivos de red, y los elementos recolectados en el desmonte del sistema de meteorología. Dicha información se pudo localizar mediante páginas web de fabricantes de los dispositivos electrónicos que hicieron parte del sistema.

Resultados

Implementación y puesta en funcionamiento del sistema de acceso remoto

El siguiente flujograma demuestra la manera en cómo se alcanzaron cada uno de los objetivos y se aprovechó como metodología de implementación durante la ejecución de todo el proyecto.

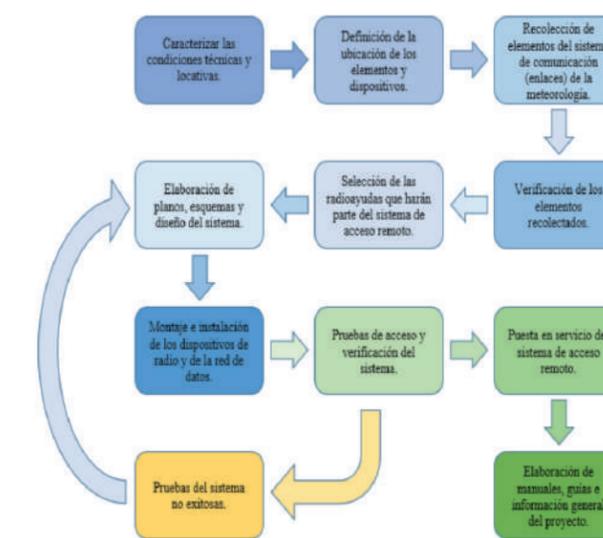


Figura 3. Flujograma de Actividades. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se explica cada una de las etapas de este proceso:

Caracterización de las condiciones técnicas y logísticas: es la etapa inicial del proyecto, donde se estudió la infraestructura de la sala técnica y el medio exterior para seleccionar los puntos factibles donde se ubicó el sistema; en esta etapa también se realizó la toma de medidas para la utilización de materiales como cables y canastillas, detallando las variaciones que se tuvieron que hacer para la ubicación de los diferentes elementos.

Definición de la ubicación de los elementos y dispositivos: se analizaron los posibles puntos de lo-

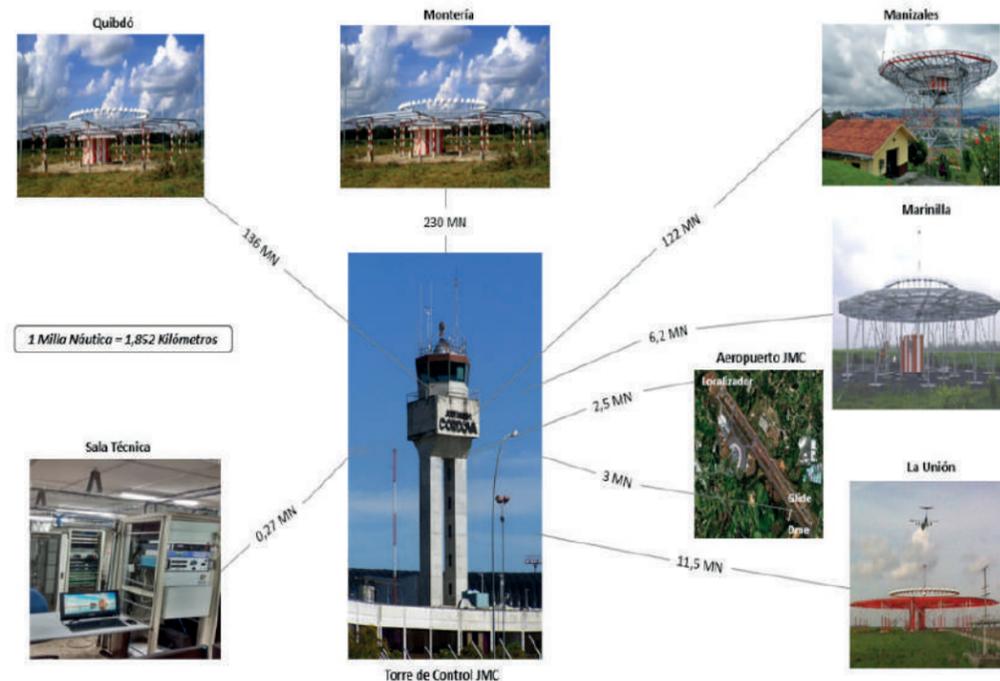


Figura 4. Ubicación de los sistemas de radioayudas. Fuente: elaboración propia.

calización de los dispositivos obtenidos en el paso anterior, con el fin de identificar la mejor ubicación de antenas y dispositivos de red. Esto facilitó la distribución y utilización de espacios para el emplazamiento de los elementos y dispositivos del sistema.

Recolección de elementos del sistema de comunicación de meteorología: se recolectaron elementos como antenas, radios, cables, protectores de antena y demás herramientas que quedaron del sistema de enlaces de meteorología. Dicha tarea se realizó inicialmente en el aeropuerto José María Córdoba. Los elementos recolectados en otros aeropuertos se reutilizaron en el momento de viajar a configurar el sistema, y se realizó el traslado de los dispositivos a la ubicación definida en la etapa anterior.

Verificación de los elementos recolectados: al recolectar los elementos, se les hizo una inspección de funcionamiento y se verificó si los dispositivos recuperados se encontraban en buen estado para su reutilización.

Selección de las Radioayudas que harán parte del sistema de acceso remoto: se tuvieron en cuenta los sistemas de Navegación Aérea (radioayudas) de

la regional Antioquia, cuyas condiciones geográficas son de difícil acceso por la distancia y criticidad del mantenimiento y dichos factores ayudaron a tomar la mejor decisión a la hora de distribuir y seleccionar los puntos de conexión.

Elaboración de planos, esquemas y diseño del sistema: se elaboraron planos, esquemas y el diseño del sistema, donde se identificaron cada uno de los análisis anteriores (elementos, ubicaciones, entre otros) que fueron de ayuda para la interpretación total del mismo y para la identificación de distancias, localizaciones de radioayudas y otros aspectos importantes para su instalación.

Montaje e instalación de los dispositivos de radio y de la red de datos: se instalaron los elementos y dispositivos en los puntos definidos. Esta tarea se efectuó con recursos de la Entidad, donde se contemplaron pasajes, comisiones y pagos de horas extras para los empleados, dado que en dicha etapa se debieron desplazar a cada uno de los aeropuertos y estaciones donde quedaron distribuidos los dispositivos y elementos del sistema remoto. En esta etapa se realizó la instalación de elementos como: radios, antenas, port server, cables de red, equipos de cómputo, switch, entre otros.

Pruebas de acceso y verificación del sistema: en esta etapa se efectuó una revisión general del sistema, con el fin de detectar posibles errores o malas conexiones que pudieran entorpecer el uso de este. La inspección se hizo de acuerdo con las pruebas de acceso a cada uno de los aplicativos de los sistemas de navegación aérea.

Puesta en servicio del sistema de acceso remoto: luego de haber comprobado las conexiones y los puntos de acceso inalámbrico, se puso en marcha el funcionamiento del sistema, para el uso general del personal ATSEP de la Regional Antioquia.

Elaboración de manuales, guías e información general: Se realizaron manuales de funcionamiento del sistema y se elaboró una guía de usuario diseñada como instructivo para detectar posibles fallas en el caso de pérdida de acceso al sistema.

Las radioayudas generalmente se localizan en diferentes puntos, geográficamente distantes; por este fenómeno se diseñó un esquema del sistema

de Integración Remota, con el propósito de calcular las distancias y así lograr determinar los puntos de localización que harían parte del proyecto. En la siguiente figura se determina la distancia geográfica que hay entre cada sistema y la torre de control central. Con esto se logra identificar la localización de los puntos y establecer las distancias de cada elemento que conforma la integración del sistema.

Como se evidencia en la Figura 4, el proyecto se llevó a cabo en la Aeronáutica civil en su sección regional Antioquia, incluyendo los aeropuertos y estaciones de Quibdó, Montería, Marinilla y Rionegro.

Para su desarrollo se tuvieron en cuenta principalmente los recursos y elementos disponibles, que en el momento de la implementación del sistema no se encontraban en uso por parte de la Entidad. En la Figura 5 se presenta el diseño que se elaboró para la implementación del Sistema Remoto Centralizado.

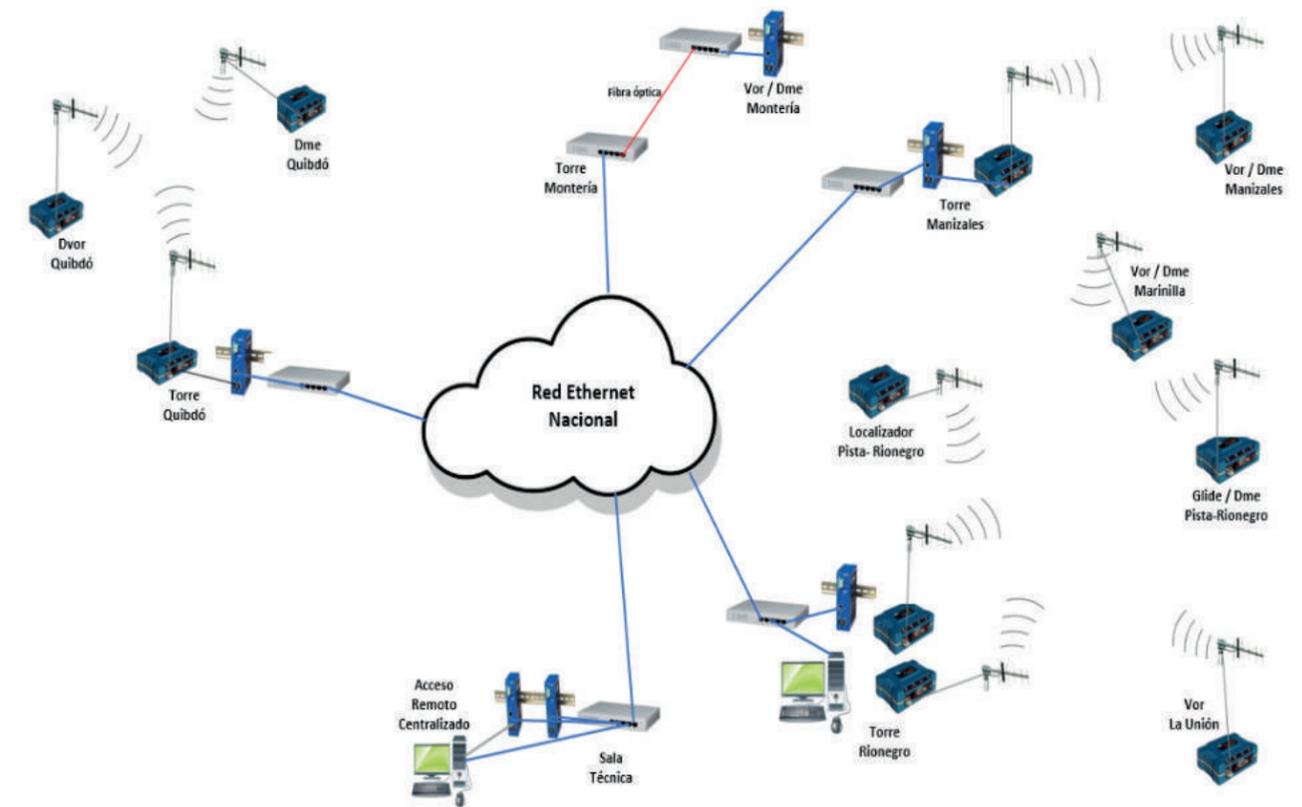


Figura 5. Diseño del sistema. Fuente: elaboración propia.

Los elementos recolectados del sistema de medición meteorológica, que se desmontaron durante la ejecución del proyecto, se reutilizaron para establecer los enlaces entre los sistemas y las torres de control de cada sitio. A continuación, se relaciona el listado de los dispositivos y elementos recolectados para tal fin.

N	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Radio MD Transnet 900	Radio Digital usado para el transporte de datos.
2	Antenas Directivas	Se usan para el enlace de datos desde las estaciones hasta la torre de control.
3	Cables RG	Se usan para la comunicación entre el radio y las antenas.
4	Protectores de antena	Utilizados para proteger los radios de posibles descargas que ingresen por la antena.
5	Fuente de voltaje	Utilizadas para la alimentación e energía de los radios MDS900.
6	Cables RS232	Se usaban en la red meteorológica para transportar datos de los sensores a los radios.
7	Computador	Usados para la visualización de los datos.

Figura 6. Lista de elementos y dispositivos. Fuente: elaboración propia.

Localización de dispositivos en el aeropuerto

Sala técnica aeropuerto José María Córdova

Se adecuó un puesto de trabajo en la sala técnica del Aeropuerto central, que se compone de un computador donde se instalaron los aplicativos de cada uno de los sistemas que hacen parte de las radioayu-

das de la regional Antioquia.

Se utilizó una máquina marca Lenovo con procesador Core i5, la cual se destinó como equipo principal del sistema. Desde este equipo se operan los diferentes aplicativos.

Estación de trabajo en el cuarto de equipos, ubicado en la torre de control

En el cuarto de equipos de la torre de control del Aeropuerto José María Córdova, se destinó un RAC con el propósito de instalar los equipos necesarios, entre ellos un Port Server, Radios, Switch de antena y un ordenador que se utilizó para el acceso a los dispositivos y al sistema remoto desde la sala técnica.



Figura 7. Estación Remota, Sala Técnica, Rionegro.

Fuente: elaboración propia.

El funcionamiento y acceso a los aplicativos de los sistemas de radioayudas

En las Figuras 8, 9, 10, 11 y 12 se muestra la captura de pantalla de los aplicativos del computador ubicado en la sala técnica del aeropuerto José María Córdova. Como se pueden evidenciar en ellas, se permite acceder a la visualización y control de los parámetros y porcentajes de modulación correspondientes a los sistemas Dvor/Dme (Marinilla), Dvor/Dme (Montería), Dvor (Cerro Gordo), Loc/Gs/Dme (Pista Aeropuerto JMC), Dvor (Quibdó) y del aeropuerto José María Córdova. Allí se puede indicar la conexión existente entre ambos enlaces y la información emitida por los sistemas.

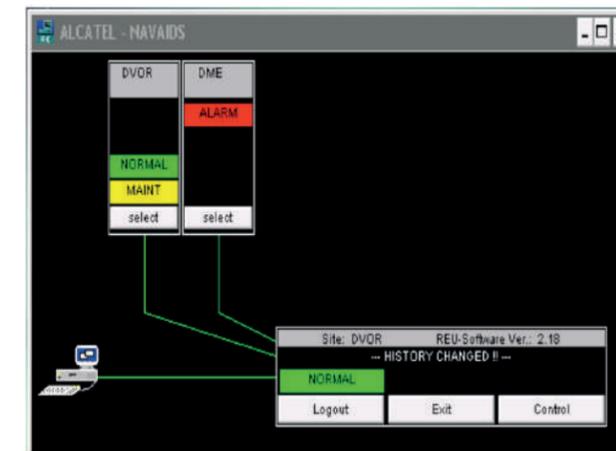


Figura 8. Aplicativo Dvor Estación de Marinilla.

Fuente: elaboración propia.



Figura 9. Aplicativo Dvor/Dme Aeropuerto los Garzones (Montería).

Fuente: elaboración propia.

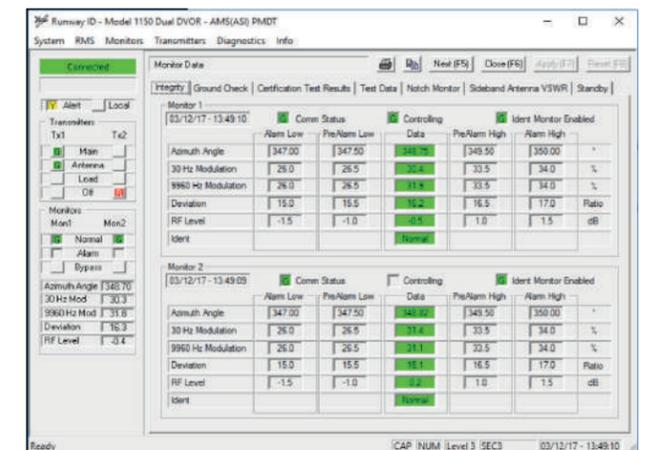


Figura 10. Aplicativo Dvor Estación Cerro Gordo (La unión).

Fuente: elaboración propia.

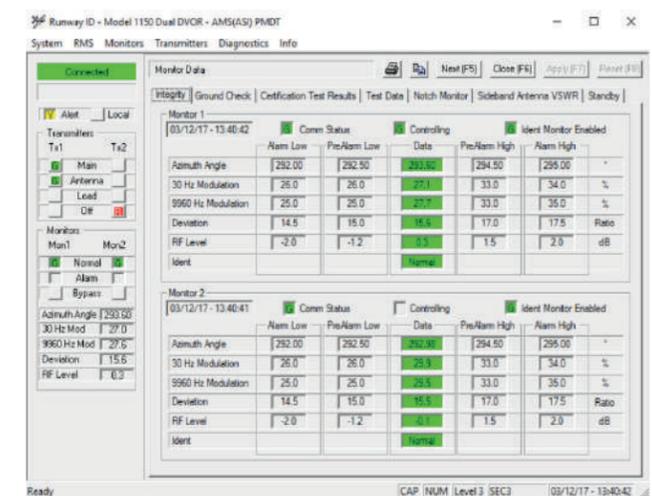


Figura 11. Aplicativo Dvor Aeropuerto el Caraña (Quibdó).

Fuente: elaboración propia.

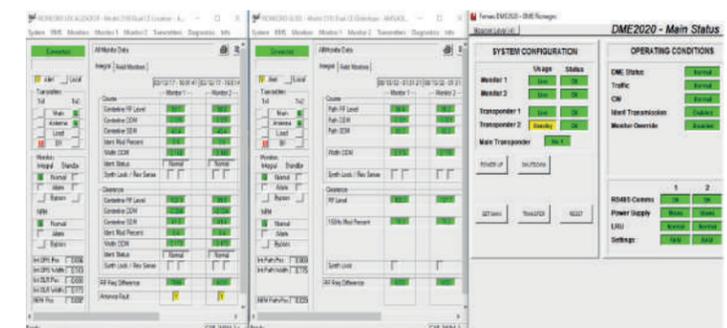


Figura 12. Aplicativos Loc/Gs/Dme Pista Aeropuerto José María Córdova (Rionegro).

Fuente: elaboración propia.

Con lo anterior, se puede apreciar la funcionalidad del sistema remoto y la integración de los diferentes aplicativos en una sola máquina. Con ello se logra acceder de manera remota a los diferentes sistemas y realizar el monitoreo, restablecimiento y modificación de parámetros de forma inmediata y en tiempo real.

Conclusiones

En la sala técnica de la regional Antioquia de la Aeronáutica Civil, ubicada en el aeropuerto José María Córdova, Rionegro, se implementó un sistema de acceso remoto que permite acceder en tiempo real al sistema operativo de las radioayudas de la regional Antioquia.

Con el sistema implementado, se puede monitorear todo el tiempo el estado de las radioayudas, conocer inmediatamente cuando se presenta una falla, y reiniciar el sistema remotamente, lo cual puede corregir fallas menores sin la necesidad de desplazar personal técnico hasta el lugar para la realización del diagnóstico. En caso de que la criticidad de esta no permita corregir el error remotamente, los técnicos pueden conocer por medio del sistema el diagnóstico, de tal forma que el mantenimiento en el lugar se realice de una manera oportuna y eficaz.

La mejora que se dio con la implementación de la experiencia fue la eficiencia en la prestación del Servicio de Navegación Aérea para las aeronaves que sobrevuelan la regional Antioquia, puesto que ahora se tiene la posibilidad de hacer un monitoreo en tiempo real del funcionamiento de las radioayudas, y realizar un control sobre las mismas, de tal manera que se reducen los tiempos de identificación y solución de fallas producidas.

Lo anterior, aumenta los niveles de seguridad operacional y evita cierres innecesarios del espacio aéreo, los cuales afectan a usuarios del transporte aéreo y a la industria. Además, evita incurrir en gastos de desplazamiento del personal técnico que anteriormente debía hacer presencia física en la estación aeronáutica para diagnosticar y solucionar cualquier falla presentada.

Se usaron equipos que la Entidad utilizaba como red de información meteorológica, pero que, debido a un cambio de tecnología, fueron dados de baja. Se implementó este sistema sin incurrir en grandes gastos de contratación de empresas externas y equipos nuevos. El proyecto incluyó los aeropuertos y estaciones de Quibdó, Montería, Marinilla y Rionegro.

Se usaron recursos y elementos de la red de información meteorológica como radios digitales; antenas directivas; cables RG; protectores de antena; fuentes de voltaje; cables RS232 y un computador. Los tiempos de servicio ante fallas se redujeron considerablemente. Para los ILS, que se encuentran en la cabecera de las pistas, se requería de por lo menos dos horas. Para un VOR, ubicado en cerros alejados del aeropuerto requería de varias horas y hasta días. Ahora se atiende de manera inmediata desde la sala técnica de Rionegro, lo cual no toma más de algunos minutos.

El proyecto generó un alto impacto en la Entidad desde tres aspectos: en primer lugar el aspecto técnico, porque presenta mejoras que permiten realizar un monitoreo y control más eficiente de la red de radioayudas de la regional Antioquia, y otros como: reducción de costos en el mantenimiento de radioayudas; facilitación del acceso al personal técnico para el monitoreo, solución de alarmas y corrección de parámetros; reducción de los tiempos de respuesta; optimización de los recursos de la entidad para la implementación del sistema de acceso remoto; posibilidad de replicar el sistema en todos aquellos lugares del país donde la Aeronáutica Civil posee estaciones remotas.

En segundo lugar el impacto económico, debido a que no se incurrió en grandes gastos de contratación de personal, ni de insumos para la implementación del sistema debido al reaprovechamiento de equipos, y como existe la posibilidad de replicar el proyecto en las demás regionales del país, el impacto económico puede ser aún mayor. Finalmente, este proyecto fue desarrollado como un trabajo de investigación, lo que permite aumentar las com-

petencias técnicas y académicas del personal que participó, y autoriza al talento humano de la Entidad el poder contar con el conocimiento necesario para nuevas implementaciones o mejoras del sistema.

En conclusión, el proyecto implementado permite: Transportar los datos de los sistemas de radioayudas de la Regional Antioquia mediante un enlace de comunicación y la red de la Aerocivil.

- La toma de información para elaborar diagnósticos de los sistemas de radioayudas. desde el aeropuerto José María Córdova de Rionegro.
- Restablecer los sistemas de radioayudas de manera inmediata y en tiempo real.
- Acceder de manera remota a los sistemas de radioayudas por medio de los aplicativos, localizados en el computador central que se encuentra ubicado en la sala técnica del Aeropuerto José María Córdova.

El sistema planteado de gestión remota, ayuda a complementar la información requerida para el Sistema de Gestión de Mantenimiento Aeronáutico (SIGMA), al contar con herramientas de monitoreo para realizar las órdenes de trabajo y alimentar en la base de datos el estado de los equipos de manera constante y en tiempo real. De esta forma, se puede lograr reducir los tiempos de respuesta en el restablecimiento de un servicio, garantizando el sostenimiento y la mantenibilidad de los sistemas de radioayudas.

El sistema resultante, se podrá utilizar como modelo de implementación a nivel nacional, dado que en las demás regionales del país, se cuenta con la existencia de elementos derivados de los cambios hechos en los sistemas de meteorología a nivel nacional. Igualmente, es una herramienta fundamental para el seguimiento de los sistemas y realizar los planes de trabajo que ayuden a aumentar los indicadores de Gestión del Mantenimiento Aeronáutico.

Referencias

- [1]. Aerocivil. (2011). *Guía para la gestión, atención y mantenimiento de estaciones aeronáuticas*. Recuperado de: <http://www.aerocivil.gov.co/AIS/CircSSO/Documents/CI%20050-%20V1.pdf>
- [2]. Aerocivil. (2012). *Guía reglamentaria de mantenimiento de la red de comunicaciones – enlaces – multiplexores y VHF de la U.A.E.A.C. Bogotá, Colombia: Circular técnica reglamentaria 059..*
- [3]. Aerocivil. (2015). *Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II: Instalaciones y Servicios*. Bogotá, Colombia: Aerocivil.
- [4]. (2015). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 19*. Recuperado de: <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rreglamentacion/RAC/Paginas/Inicio.aspx>
- [5]. Aerocivil. (2019). *Página Oficial Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil*. Recuperado de: <http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil>
- [6]. AIRPLAN. (2016). *Airplan*. Recuperado de: <http://www.airplan.aero/web/page/47/Airplan-en-cifras>
- [7]. Fontallis. (2006). Propuesta de implantación de la subred VHF para la red de telecomunicaciones aeronáuticas de Cuba. *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba*, 35-41. Recuperado de: <http://www.bb-elec.com/Products/Ethernet-Serial-Servers-Gateways/Ethernet-Serial-Device-Servers/Vlinx-ESR900-Series-Ethernet-to-Ser>
- [8]. Gómez, L., y Ortiz, J. (2012). VHF data link communications to provide air traffic services in Colombia. *31 Digital Avionics Systems Conference DASC*.

- [9].Herrera Galan, M., y Duany Alfonso , Y. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, 37(1), 2-13.
- [10].ICAO. (2014). *AAnnex 10 - Volume 1: Aeronautical Telecommunications - Radio Navigation Aids*. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- [11].ICAO. (2015). *Annex 10 - Volume III: Aeronautical Telecommunications. Digital data communication systems*. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- [12].ICAO. (22 de 10 de 2019). *Obtenido de International Civil Aviation Organization Website*. Recuperado de: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
- [13].OACI. (2004). *Swiss ATSEP Technical Association*. Recuperado de: http://www.satta.ch/docs/Doc_7192_E2_Unedited_final.pdf
- [14].OACI. (2010). Quinto taller/reunión del grupo de implantación Sam (Sam/ig/5) proyecto regional rla/06/901. *Sistema de indicación remota de radioayudas en tiempo real a través de la ATN*. Lima, Perú.
- [15].ORohde & Schwarz. (2013). *Technical specifications of the R&S Series4200 for VHF*. Munchen: Rohde & Schwarz.
- [16].SECOP. (2015). *SECOP*. Recuperado de: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=15-1-135950>
- [17].Torres Valle, A. (2008). Gestión de mantenimiento orientado a la seguridad. *1815-5944*, 7-15



Strategy and Management

Rodrigo Mezú Mina
Universidad de los Andes

The Tupolev Interception: Lessons from Doctrine and Strategy *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp.82-95

Citación: Mezú, R., (2019). La interceptación de los Tupolev: enseñanzas desde la doctrina y la estrategia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 82-95 Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.635>

Rodrigo Mezú Mina

Administrador Aeronáutico, Especialización en Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, Especialización en Seguridad y Defensa Nacionales, Maestría en Estudios Internacionales aplicada a los Conflictos y la Cooperación, Maestría y candidato a Doctor en Ciencia Política.

r.mezu10@uniandes.edu.co

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000092735

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.635>

1 * Reflection article, based on the project: "the war on illegal air traffic from the late 1990s to 2018." Research Group "Analysis and Context." Funded by the Colombian Air Force.

Abstract

On November 1, 2013, two Russian Tupolev airplanes, including the world's fastest nuclear bomber, entered Colombia's national air space with no previous authorization. The interception process and the decisions made on a strategic level have left us, following Colin S. Gray's theory, with some issues to reflect and some lessons that we must learn for Colombia to evolve in its decision-making process, and also for us to remember the importance of strategy in the use of air power. Specifically, the lessons derived from this experience allow Colombia to reflect on how to approach a situation of asymmetrical disadvantage when facing its enemies. It also forces us to recognize that military decisions are not the only deciding factors of strategy; instead, political will, the nation's commitment and awareness of the country's defense also have a role to play.

Key Words:

Asymmetrical Disadvantage, Military Capabilities, Strategy, Tupolev.

A interceptação dos Tupolev: ensinamentos desde a doutrina e a estratégia *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp.82-95

Citación: Mezú, R., (2019). La interceptación de los Tupolev: enseñanzas desde la doctrina y la estrategia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 82-95 Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.635>

Rodrigo Mezú Mina

Administrador Aeronáutico, Especialización en Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, Especialización en Seguridad y Defensa Nacionales, Maestría en Estudios Internacionales aplicada a los Conflictos y la Cooperación, Maestría y candidato a Doctor en Ciencia Política.

r.mezu10@uniandes.edu.co

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000092735

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.635>

1* Artigo de reflexão, derivado do projeto: "A luta contra o tráfico aéreo ilegal desde finais dos anos 1990-2018". Grupo de pesquisa Análise e Contexto. Financiado pela Força Aérea Colombiana.

Resumo

No dia 1 de novembro de 2013 dois aviões russos tipo Tupolev, entre eles o bombardeiro nuclear mais rápido do mundo, ingressaram sem prévia autorização sobre espaço aéreo nacional da Colômbia. O processo de interceptação e a tomada de decisões ao nível estratégico deixaram desde a teoria de Colin S. Gray, reflexões e ensinamentos necessários para seguir evoluindo o processo de tomada de decisões no interior do país e manter a importância da estratégia no uso do poder aéreo. Os ensinamentos derivados de dita experiência, em particular, permite a Colômbia refletir sobre como administrar uma desvantagem assimétrica diante dos seus adversários. Também reconhecer que as decisões militares não são as únicas determinantes da estratégia, senão também, a vontade política, o compromisso de uma nação e a consciência pela defesa do país.

Palavras-chave:

estratégia, Tupolev, desvantagem assimétrica, capacidades militares.

Gestión y Estrategia

Rodrigo Mezú Mina
Universidad de los Andes

La interceptación de los Tupolev: enseñanzas desde la doctrina y la estrategia *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp.82-95

Citación: Mezú, R., (2019). La interceptación de los Tupolev: enseñanzas desde la doctrina y la estrategia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 82-95 Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.635>

Rodrigo Mezú Mina

Administrador Aeronáutico, Especialización en Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, Especialización en Seguridad y Defensa Nacionales, Maestría en Estudios Internacionales aplicada a los Conflictos y la Cooperación, Maestría y candidato a Doctor en Ciencia Política.

r.mezu10@uniandes.edu.co

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000092735

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.635>

1 * Artículo de reflexión, derivado del proyecto: "La lucha contra el tráfico aéreo ilegal desde finales de los años 1990-2018". Grupo de investigación Análisis y Contexto. Financiado por Fuerza Aérea Colombiana.

Resumen

El 1 de noviembre de 2013 dos aviones rusos tipo Tupolev, entre ellos el bombardero nuclear más rápido del mundo, ingresaron sin previa autorización sobre espacio aéreo nacional de Colombia. El proceso de interceptación y la toma de decisiones a nivel estratégico dejaron, desde la teoría de Colin S. Gray, reflexiones y enseñanzas necesarias para seguir evolucionando el proceso de toma de decisiones al interior del país y mantener la importancia de la estrategia en el uso del poder aéreo. Las enseñanzas derivadas de dicha experiencia, en particular, le permite a Colombia reflexionar sobre cómo administrar una desventaja asimétrica frente a sus adversarios. También reconocer que las decisiones militares no son las únicas determinantes

de la estrategia, sino también, la voluntad política, el compromiso de una nación y la conciencia por la defensa del país.

Palabras clave:

estrategia, Tupolev, desventaja asimétrica, capacidades militares.

Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019



Presentación

El presente artículo fue posible gracias a la colaboración de oficiales y suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana, en especial, aquellos relacionados con el sistema de Defensa Aérea del país, entre ellos Comandantes y Directores de Batalla, Oficiales Controladores de Armas, Supervisores, Monitores de Seguridad en Vuelo, Oficiales y Suboficiales de Vigilancia y, en general, todas las personas que en diferentes momentos tuvieron el honor de trabajar en mantener los cielos de Colombia en paz. Todas las personas anteriormente mencionadas ayudaron a complementar el trabajo de toma de decisiones desde el centro de operaciones de la FAC. Asimismo, las tripulaciones de los equipos de vuelo (aviones), tales como: seguimiento y reconocimiento, de combate y transporte involucrados en esta misión la cual detallaremos más adelante. El método utilizado es descriptivo a través de entrevistas formales e informales a dichos oficiales y suboficiales, así como, miembros del Ministerio de Relaciones Exteriores y fuentes abiertas en medios de comunicación.

¿Qué tanto pudo aprender la Fuerza Aérea Colombiana de una interceptación? La respuesta algo utilitaria es simple y sencilla, mucho. La Fuerza Aérea Colombiana en 100 años de existencia ha evolucionado al ritmo impuesto por la seguridad, la voluntad política y la preparación de su recurso humano. Hoy, su moderna misión va encaminada a “Volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio, en defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial, el orden constitucional y contribuir a los fines del Estado” (Disposición 026 de 2019, Fuerza Aérea Colombiana). Todo lo anterior, gracias a un recurso humano altamente capacitado que, aun en medio de las limitaciones presupuestales, ha podido reinventarse para cumplir la misión. La interceptación de los aviones rusos es el resultado de ese aprendizaje y esta experiencia una plataforma para seguir evolucionando su operación y la visión de la seguridad estratégica como una obligación de todo aquel que osa llamarse colombiano.

Introducción

Kenneth Waltz teórico de las Relaciones Internacionales es reconocido hoy en día, después de su muerte, como uno de los académicos de mayor apreciación por muchos internacionalistas al haberle dado fortaleza, entre otras, a esta disciplina muy luchada entre las ciencias sociales. En su libro “Theory of International Politics”, Waltz (1979), resume su aporte a la disciplina con el neorrealismo y, el hegemónico del momento hoy en decadencia - Estados Unidos. Waltz ha usado estas teorías para ayudar a posicionar una visión hegemónica del mundo.

Para Waltz, el mundo es anárquico, pues carece de una policía internacional que “disciplinara” a quienes se comportaran mal, egoísmo y por tanto ausencia de comunidad, entre otras, para subsistir en este mundo confuso dichos países debían buscar la autoayuda (Holsti, 1996). Esa ayuda mutua solo podría ser fructificada bajo unos recursos económicos traducidos en capacidades militares, solo importarían los Estados más poderosos (Ehrlich y Note, 1996).

Las capacidades militares eran las únicas garantías para defender los intereses de los Estados; en este sentido la cooperación no tendría un valor de comunidad. Cuando los países más ricos, como Estados Unidos y la Unión Soviética, posteriormente, Francia y China, entre otros, empezaron a crecer económicamente irían invirtiendo exponencialmente en sus capacidades militares al punto de lograr alcanzar una hegemonía mundial, en unos casos y regional en otros. El balance de poderes, según Morgenthau (1948), haría su presencia cuando otros países verían a este hegemónico “imparable” e “inalcanzable” preocupándose, los segundos también, por aumentar su capacidad militar tratando de “balancear” o alcanzar en capacidades a su más amenazante enemigo.

Como resultado de esta competencia por la hegemonía mundial, la tecnología y su aplicación en el campo militar, serían el punto de inflexión para toda nación que deseaba ser referente mundial y, porque no decirlo, una policía mundial. No en vano,

la percepción existente durante los primeros años de la invención del avión por parte de los hermanos Wright, quienes encontraron negativas a su proyecto de parte del Gobierno de los Estados Unidos obligándolos a querer ofrecer el avión ante otras naciones europeas (Trest, 1998). Los Estados Unidos, terminan entendiendo la importancia de la aviación y luego de una confrontación entre servicios militares (Ejército y Marina estadounidenses) y de resultados históricos durante la Segunda Guerra Mundial, logran evolucionar su aviación en una crucial y decisiva máquina de guerra.

Luego, durante los años 1960 y 1970, la humanidad sería testigo de la lucha por el poder entre Europa y Asia con Estados Unidos de por medio. A principios de 1960, esta nación, se equiparó con el arsenal nuclear soviético (Lieber y Press 2006). Mientras los soviéticos luchaban por conservar sus esferas de influencia, los estadounidenses amenazaban los lugares estratégicos soviéticos en todo el mundo. La Unión Soviética tenía un plan permanente, que fue capaz de desarrollar una estrategia duradera de aumentar las capacidades militares. Los Estados Unidos concentraron sus esfuerzos en la carrera espacial. Ambos, Estados Unidos y la Unión Soviética, que no vieron llegar el surgimiento de otro poder, presenciaron cómo Francia y China se unieron al selecto grupo de potencias nucleares. Tanto la Francia de Charles de Gaulle, así como, la China de Mao aumentaron sus relaciones internacionales mejorando sistemáticamente sus acuerdos comerciales, que duplicarían los ingresos económicos en cada país.

Los resultados del crecimiento económico, entre estas naciones primordialmente, redundaron en el mejoramiento de sus capacidades militares que, a la postre, darían la tranquilidad a dichos países por mejorar la seguridad fuera de sus fronteras, así como, al interior de estas.

La Guerra Fría

Existe un gran episodio dentro de la misma historia de las relaciones internacionales que generó y aún lo hace gran cantidad de reflexiones académicas, y ese suceso es la Guerra Fría. No sobra recordar es el momento donde las relaciones de los dos poderes del momento, Estados Unidos y la Unión Soviética, generan grandes tensiones por la influencia de sus dos sistemas. Los Estados Unidos, después del lanzamiento de la bomba atómica sobre dos poblaciones japonesas gozó de una ubicación privilegiada por tener el arma de mayor letalidad en todos los tiempos. Cuatro años después las tensiones aumentan al lograr determinar en 1949 que los soviéticos también habían adquirido dicha capacidad. La guerra sería armamentista, la tecnología y los eventos clave resultaron en la bipolaridad y con el debate académico encabezado por los realistas y luego por expertos en temas de seguridad nacional (Waltz, 1959 y 1979; Smoke, 1975; Wolfers, 1952, Kennan, 1947, Jarvis 1979 y Buzan 1983).

En los eventos clave sobresalen las guerras proxy¹ con la edificación del Muro de Berlín, la Guerra de Corea, la Crisis de los Misiles de Cuba, la Crisis del Petróleo del Medio Oriente, Vietnam, las estrategias de contención, la disuasión, entre otros, fueron los eventos clave contextualizados del momento. Asimismo, los debates académicos llevaban a utilizar nuevos métodos científicos, el conductismo (behavioralism), el neorrealismo y el estudio sobre los efectos de las armas nucleares, entre ellos el MAD (Mutually Assured Destruction) jugarían un papel preponderante. En aquel momento el debate interno se centra en los dos poderes y sus armas nucleares, así como la inminente llegada de una Tercera Guerra

¹Una guerra de proxy es un conflicto armado entre dos estados o actores no estatales que actúan bajo la instigación o en nombre de otras partes (súper poderes, en este caso) que no están directamente involucradas en las hostilidades

Mundial. Sin embargo, esta nunca llegaría, ya que, contrario a los supuestos neorrealistas el periodo de la Guerra Fría sería uno de los más “pacíficos” en la historia contemporánea. Con ello los realistas pierden vigencia, pues no logran predecir la caída del muro y la estabilidad que la bipolaridad había traído. Con la institucionalización del debate nuevos tanques de pensamiento son creados, tales como centros de investigación sobre paz y conflicto, enfocados a la resolución de los conflictos armados y las posibilidades de cooperación.

Al final, la bipolaridad parece haber sido primordial, pero nadie acepta las causas. Estados Unidos es visto como un agresor así tanto como la Unión Soviética. Por otro lado, Europa termina aceptando las estrategias de contención y se da inicio a los movimientos de paz de Europa occidental quienes hacen campaña contra el uso de armas nucleares en los años 1950 a 1960, las campañas de este estilo terminan siendo formativas para las investigaciones académicas de paz venideras.

Mientras todo lo anterior sucedía, Colombia, libraba una guerra irregular la cual la desangraría por más de medio siglo. El conflicto no le permitiría hacer grandes avances en otros temas, tales como económicos, sociales ni mucho menos militares. El afán de generar nuevas estrategias estaba volcado hacia el interior del país, mirar hacia el exterior, en términos de seguridad, era casi imposible.

La necesidad por nuevas estrategias conlleva a analizar los retos de seguridad de la aviación militar usando como fuente de análisis la teoría de las relaciones internacionales, descrita en esta introducción, sumando ello al trabajo realizado por Colin S. Gray² titulado: *“The Airpower Advantage in Future Warfare: The need for strategy”* (Gray, 2012) (La ventaja futura que propone el poder aéreo en un escenario de guerra y la necesidad por una estrategia, traducción no oficial al español).

Pocos han sido los escenarios reales de nivel internacional militar que han puesto a prueba las capacidades militares de la Fuerza Aérea Colombiana, claro la Guerra con el Perú fue la prueba de fuego, pero en la actualidad son pocos los ejemplos que podríamos citar al respecto. Empero, hay uno de ellos el cual servirá como “laboratorio” al análisis realizado. Ese escenario real sucedió con la interceptación de dos aviones rusos o comúnmente llamado: la interceptación de los Tupolev.

Los antecedentes de dicha interceptación son la base para insistir en la necesidad de mutación de una gran estrategia que, hasta hace unos meses, era de carácter interno dejándole a Colombia un innegable *kwon-how* en experiencia en operaciones de carácter no regular con un enemigo no estatal o actor no racional (Hollis, 1990) Hoy la preocupación interna parece estar cambiando a una de carácter externo.

Los hechos

Un primero de noviembre de 2013, el sistema de defensa aérea de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) tendría uno de sus mayores retos. Dos aviones de fabricación rusa cruzarían su territorio y solo valdría una respuesta respetable de parte de una fuerza aérea inherentemente ofensiva (Douhet, 2009).

Más allá de las fechas y horas de salida de las aeronaves, tanto colombianas como rusas, se desea mostrar el proceso de toma de decisiones y los momentos más cruciales con el advenimiento del mes de noviembre de 2013, cuando un elemento³ de aviones rusos cruzaron espacio aéreo colombiano. Se debe hacer una salvedad sobre la clase de “enemigo” al frente de los sistemas de defensa colombianos, pues entre otras, este tiene posturas hegemónicas, ya que Estados Unidos no reconoce la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Riquelme-Cortado 1985) y Rusia que lo hace con algunas salvedades, debido, entre otras, a sus intereses ilimitados sobre la influencia y el mismo balance de poderes (Waltz, 1988). Esta aclaración para poder tener en contexto algo que el sensacionalismo periodístico ocultó en su reporte noticioso, durante los días ulteriores al evento captado, días después, por la prensa nacional y el cual mereció un premio

² Colin S. Gray (nacido en 1943) es un pensador estratégico británico-americano y profesor de Relaciones Internacionales y Estudios Estratégicos en la Universidad de Reading, donde es el director del Centro de Estudios Estratégicos. Además, es Asociado Senior del Instituto Nacional de Políticas Públicas. Gray fue educado en la Universidad de Manchester y la Universidad de Oxford. Trabajó en el Instituto Internacional de Estudios Estratégicos y el Instituto Hudson, antes de fundar el Instituto Nacional de Políticas Públicas en Washington, D.C. También ha servido como asesor de defensa tanto para los gobiernos británico y de los EE.UU. Gray sirvió desde 1982 hasta 1987 en el Comité Asesor General de la Administración Reagan sobre Control de Armas y Desarme.

³ La doctrina en la FAC identifica a un grupo de dos aviones con el nombre ‘elemento’. Es la unidad básica (mínima) de combate para asegurar que uno protege al otro mutuamente.

de periodismo⁴. Entonces, a diferencia de los americanos, la Federación Rusa ha firmado y ratificado la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar con algunos subterfugios que, a la postre, se excluye del cumplimiento completo de la misma.

Un día antes, de la interceptación, aviones rusos tipo Tupolev⁵ (TU-160 y TU-134) cruzaron, desde Venezuela hacia Nicaragua, el espacio aéreo colombiano sin mediar solicitud de ingreso. Venezuela está acostumbrado a este procedimiento, también los rusos quienes en ejercicios anteriores habían solicitado este paso por espacio aéreo colombiano⁶. Esta vez decidieron probar el sistema de Defensa Aérea de Colombia.

Al día siguiente, el sistema de alerta temprana logró detectar la salida, desde tierras nicaragüenses, de una traza⁷ de altísimo rendimiento (alta velocidad). Por lo cual, a un avión de reconocimiento aéreo, se le ordena salir a vuelo y así tratar de realizar el procedimiento de interceptación y el reconocimiento visual de la misma. Para ese momento un elemento de aviones de reacción, tipo K-FIR⁸, ya se encontraba en el aire para realizar una maniobra de defensa contra una posible aeronave hostil.

Las aprehensiones, del personal del Centro de Comando y Control de la Fuerza Aérea Colombiana (CCOFA), empezaron a incrementarse al observar que dichas aeronaves se encontraban a tan solo 60

⁴ La periodista Sonia Rodríguez gana premio nacional de periodismo en la categoría “mejor noticia en radio” por la revelación a cerca de la violación del espacio aéreo colombiano por parte de aviones rusos que volaron en la ruta Caracas-Managua.

⁵ Nombre en honor del diseñador Soviético, Andrei Nikolayevich Tupolev pionero de la industria aeronáutica de su país. Bajo su administración de esta naciente industria logra crear más de 100 prototipos de aeronaves.

⁶ El Espectador “Colombia no entiende por qué Rusia no solicitó autorización para sobrevolar su territorio” Edición 06 de noviembre de 2013.

⁷ Cuando un blanco aéreo aparece en una pantalla radar que con el tiempo deja un rastro o traza que ayuda a determinar su ubicación, velocidad y, según la tecnología del radar la altura.

⁸ El Kfir es un avión de combate para todo clima construido en Israel por la empresa de aviación de este país (IAI, por sus siglas en inglés), basado en el Mirage 5 francés, con aviónica israelí y una versión fabricada en Israel del motor turbojet General Electric J79. El programa del avión Kfir (Cachorro de León en hebreo) se crea por la necesidad de desarrollar la versión local del IAI Neshar el cual era producido en serie por este país. El General Charles De Gaulle bloqueó la venta de armas a Israel y esto generó un miedo en el país sionista debido a la posible pérdida de superioridad cualitativa con sus enemigos en la región, quienes para ese momento eran clientes tecnología militar soviética. La ingeniería inversa israelí sumada al espionaje del Mossad resultaron en la evolución del avión francés a una versión más potente.

millas de la Costa Atlántica con rumbo a Barranquilla. Un escenario adverso estaba frente a la toma de decisiones de un Comandante de Batalla (OCB) experimentado y su tripulación. Una simbiosis de oficiales y suboficiales de defensa aérea y oficiales de combate serán los destinados a sortearlo. Ipso facto, se logra poner en alerta máxima a todo el personal del Comando Aéreo de Combate No.3 (CACOM-3), mientras la aeronave intrusa iniciaba su viraje con rumbo norte y bordeando la costa Caribe.

Para ese momento lo peor o mejor estaba por llegar. El elemento K-FIR ya se encontraba próximo a tener contacto visual con el Tupolev TU-160⁹. Muchos medios de comunicación, entre crónicas y caricaturas, durante los días y semanas ulteriores se mofaron de esa escena. Algunos graficaron un avión ruso muy imponente, mientras por el otro lado, se caricaturizaba un avión casi imperceptible tratando de interceptar al bombardero nuclear más rápido del mundo (Bukharin, 2004). Esa debió haber sido la escena que inmortalizó la mítica lucha entre, un pastor hebreo, David y, el hasta ahora hombre más grande del mundo, Goliat - (filisteo); lo demás es historia (Gladwell, 2013).

Lo que no registraron los periodistas, quienes cubrieron la noticia, fue el gran avance que las tripulaciones colombianas de combate han adquirido a través del tiempo. No precisamente por la experiencia del conflicto colombiano que, entre otras, vale recordar ha sido la precisión de la FAC la responsable de haber sentado a las Farc en la mesa de diálogos en La Habana - Cuba; pero tal vez, debieron haber enfatizado en el entrenamiento durante ejercicios internacionales en donde la FAC viene entrenando sus pilotos (Castro y Herrera, 2014).

Durante unos segundos hubo un gran silencio en los radios de comunicación, cuando repentinamente el elemento K-FIR reportó estar a quinientos metros por detrás de las aeronaves intrusas. Estaban listos a disparar sus misiles aire-aire, de ser necesario, sólo debía mediar una orden del CCOFA. De manera inmediata el Comandante de Batalla orde-

⁹ Es importante hacer un gran paréntesis para contar la clase de aeronave quien estaba invadiendo la soberanía colombiana. Era un avión desarrollado durante la Guerra Fría como única opción para contrarrestar, o al menos hacerle un contrapeso, al Rockwell B1 Lancer, de fabricación americana (Boyne, 2002). Este periodo bipolar le demuestra a la humanidad cuan alto era el nivel tecnológico de la guerra entre dos naciones poderosas luchando por su hegemonía (Wohlforth, 1993).

nó hacerles seguimiento a estas aeronaves hasta dejar espacio aéreo nacional. Un derribo era la primera opción, pero también lo era su seguimiento. Nadie titubeó, nadie hizo comentarios a aquella decisión tomada. Todos sabían la connotación política de un derribo de esta aeronave y todos se apegaron al entrenamiento de una Fuerza Aérea profesional y audaz en sus decisiones.

No es un secreto el conocimiento de la comunidad internacional sobre la doctrina defensiva y poco agresiva de Colombia. No se ataca a menos que exista amenaza letal contra la población. Este bombardero, unos segundos antes, había cambiado su rumbo y, aunque aún seguía en espacio aéreo colombiano, ya no ofrecía riesgo hacia los colombianos. Además, saber sobre su desconocimiento a muchas cláusulas de la Convención del Mar, deja en el ambiente un dejo de paso inadvertido. Otro elemento de combate se encontraba próximo a relevar los primeros K-FIR, mientras uno de los dos aviones tanqueros se establecía en un patrón de espera para, llegado el caso, brindar el re-tanqueo necesario. Nada de esto fue necesario. Los rusos dejaron de ser una amenaza al cruzar hacia espacio aéreo venezolano. La orden final fue regresar a casa; ya el trabajo no sería una respuesta militar sino diplomática.

El sosiego en el CCOFA fue infinito. Luego de casi una hora de incertidumbre se había podido lograr “disuadir” una amenaza inminente. Todo había funcionado a la perfección, la alerta temprana fue efectiva, así como la salida de las aeronaves y el proceso de toma de decisiones. La misión se había cumplido, así como lo hicieron aviones noruegos e ingleses con sus F-16 algún tiempo atrás y como lo haría toda nación seria y respetable a la hora de defender su soberanía. No todos los problemas de soberanía del mundo actual deben dirimirse por la vía armada, tampoco el sistema de Defensa Aérea de Colombia es infalible, pero se dejó claro que a la hora de defender su territorio no existe un enemigo pequeño (Kissinger, 1994).

Durante los días posteriores a la noticia fueron muchas las especulaciones sobre las capacidades de las aeronaves militares, en especial las de alto rendimiento. Al interior de la FAC fueron otros temas los analizados, entre ellos, sobre la estrategia.

Análisis y conclusiones

Colombia ha estado inmersa en un conflicto armado interno, no internacional, lo cual conlleva a recapitular las decisiones tomadas durante esos momentos de incertidumbre vividas por las tripulaciones de vuelo y de comando y control en el CCOFA. La conclusión se deriva de las críticas realizadas por Gray a los Estados Unidos sobre la ausencia de estrategia de futuro en un escenario de guerra. La Fuerza Aérea Colombiana, por tener un papel inherentemente ofensivo, no puede hacer caso omiso a Gray. El déficit estratégico de Estados Unidos ha sido constante a través de la historia. De no haber una clara estrategia de uso de medios, con el tiempo, asegura Gray, la influencia americana irá en declive. El propósito principal de este estudio es ayudar a reducir el déficit estratégico de Estados Unidos. Para este teórico, hay un error recurrente, al interior de la Fuerza Aérea estadounidense, y es frente a la inmadurez del poder aéreo y su doctrina. Existe algo llamado “incertidumbre conceptual” la cual no permite avanzar en una estrategia continua en el tiempo. Sostiene Gray, que Estados Unidos necesita diferenciar la estrategia de la guerra la cual es cambiante en la actualidad. Afirma que la futura guerra será diversa y que el valor táctico, operacional y estratégico de la potencia aérea debe ser siempre situacional.

El estudio llega a seis conclusiones necesarias para interpretar el papel no sólo de una estrategia estadounidense, también el posible estudio comparativo, útil de igual manera para Colombia:

1. La ventaja asimétrica se debe usar en su máxima expresión, las interpretaciones para el caso colombiano recaen en los recursos limitados, pero que se pueden equiparar con éxito si se logra saber definir y usar esa desventaja asimétrica.
2. Debe existir claridad sobre la diferencia entre el poder aéreo como un decisor de guerra y como un ganador de guerra, lo cual llevaría a Colombia preguntarse si aún, hoy en día, algunos ven a la Fuerza Aérea Colombiana como una Fuerza de apoyo o una institución inherentemente ofensiva capaz de ganar una guerra.
3. La alta tecnología es, y debe ser, la premisa

en la guerra, lo cual Colombia se ha demorado en alcanzar por innumerables variables, entre ellas la ausencia de visión política de parte de algunos tomadores de decisión (¿voluntad política?), así como, la priorización de necesidades sociales sobre las necesidades de la defensa del país. Este último punto es neurálgico, pues Colombia no es un país rico y la inversión en defensa es vista como un gasto que desde lo econométrico lo es, pero desde lo social es un tema discutible y aún falto de estudios. Al final, cuando se habla de adquirir nueva tecnología el debate es sobre cuántas escuelas o niños pobres de la Guajira se dejarán de alimentar por estas compras onerosas; sin embargo, el debate no debe centrarse en ese punto, sino en la conciencia por mantener la integridad y la soberanía del país, no en vano, a lo largo de su historia Colombia ha perdido más de la mitad de su territorio entre litigios, arreglos diplomáticos o la Guerra con el Perú.

4. Los celos entre poderes terrestres y aéreos terminan perjudicando a un país, Gray propone que el perdedor es Estados Unidos, pero Colombia no se queda atrás.

5. El fetichismo por el poder aéreo y su tecnología no puede alejarnos del real debate sobre la estrategia.

6. Únicamente la estrategia permite el uso de los medios de forma multifacética (Gray 2012). La propuesta de Gray no sólo es válida para el país del norte, también lo es para Colombia, en especial cuando la evolución de la guerra lo dejó anquilosado en un conflicto interno por más de cincuenta años. El franquear este conflicto armado interno permite que las Fuerzas Militares, en especial la Fuerza Aérea Colombiana, prepare a su personal doctrinariamente en relación con otro escenario más allá de sus fronteras aéreas. Las amenazas del cielo son latentes y debe mediar una alerta situacional que se desprenda, por antonomasia, de la doctrina después de la iniciativa y buen criterio de sus mujeres y hombres al tomar las decisiones.

La interceptación de los aviones rusos, hace seis años, fue el primer logro motivador mirando en dirección a los retos por proteger la soberanía aérea del país; sin embargo, una estrategia a gran escala,

como la propuesta por Gray a Estados Unidos, permitiría preparar a una fuerza aérea pequeña y especializada como la FAC. La preparación de su personal, la actualización tecnológica y la permanente evolución en su doctrina permitirán que en el futuro los retos (amenazas) provenientes del aire sean contenidos con firmeza y profesionalismo.

Referencias

- Barry R. Posen (2003). Command of the Commons: The Military Foundation of US Hegemony, *International Security*, Vol. 28, No. 1 (Summer 2003), pp. 5-46.
- Boyne, W. J. (2002). *Air Warfare: An International Encyclopedia*, Abc-clio.
- Bukharin, O. (2004). *Russian strategic nuclear forces*, MIT Press.
- Buzan, B. (1996). The timeless wisdom of realism. *International theory: positivism and beyond*, 47-65.
- Buzan, B., & Hansen, L. (2009). The Evolution of International Security Studies. *Political Science*. <https://doi.org/10.1017/CB09780511817762>
- Buzan, B., Wæver, O., Wæver, O., & De Wilde, J. (1998). *Security: a new framework for analysis*. Lynne Rienner Publishers.
- Camargo, P. P. (1984). *La Convención sobre el derecho del mar: (texto y comentarios)*. Editorial Temis Librería.
- Castro, C. A. A. and C. A. P. Herrera (2014). Reflexiones sobre la guerra de cuarta generación, una visión desde los actores sin recursos de poder en términos tradicionales. *Ciencia y Poder Aéreo 9(1)*: 79-87.
- Chairman Mao, “The Chinese People Cannot be Cowed by the Atom Bomb,” and “S. Imperialism is a Paper Tiger,” in *Selected Works of Mao Tse-tung*, vol. 5, 152-53, 308-311
- CNN. (2013). *Colombia denuncia que dos bombarderos rusos violaron su espacio aéreo*.
- Council, N. R. D. (2006). Russian nuclear forces, 2006. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 62 (2), 64-67.
- Creveld, M. van. (1991). *The transformation of war*. New York: Free Press.
- Douhet, G. (2009). *The command of the air*. University of Alabama Press.

Ehrlich, H. J., & Note, A. P. (1996). Anarchism and formal organization. *Reinventing anarchy, again*, 56-68.

Gladwell, M. (2013). *David and Goliath: Underdogs, misfits, and the art of battling giants*. Hachette UK.

Gray, C. S. (2012). *The Airpower Advantage in Future Warfare: The Need for Strategy*, Lulu. com.

Gray, C. S. (2015). *Strategic Studies and Public Policy: The American Experience*. University Press of Kentucky.

Hollis, M. (1990). *Explaining and understanding international relations*.

Holsti, K. J., & Holsti, K. J. (1996). *The state, war, and the state of war* (No. 51). Cambridge University Press.

Jeremi S. (2003). *Power and Protest: Global Revolution and the Rise of Détente*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, pp. 1-87

Jervis, R. (1986). Cognition and political behavior. *Political cognition*, 319-336.

Kennan, G. F. (1947). *Memoirs, 1925-1950*. Boston, 1967. For the Press. May, 7, 1.

Kenneth, W. (1959). *Man, the State and War*. A theoretical analysis. New York: Columbia University Press.

Lieber, K. A., & Press, D. G. (2006). The end of MAD? The nuclear dimension of US primacy. *International Security*, 30(4), 7-44.

Lüthi, L. (2008). The Vietnam War and China's Third-Line Defense Planning before the Cultural Revolution, 1964-1966. *Journal of Cold War Studies*, 10(1), 26-51.

Morgenthau, H. (1948). 1978. *Politics among nations: The struggle for power and peace*. New York: Alfred S. Knopf.

Nye Jr, J. S., & Lynn-Jones, S. M. (1988). *International security studies: a report of a conference on the state of the field*. *International Security*, 12(4), 5-27.

Riquelme-Cortado, R. M. (1985). Reflexiones sobre la firma y la ratificación de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982). *A propósito de la firma por España*.

Shang, C. (2011). *Dancing with his "Lesser Evil"-Mao's China from 1962-68 and the road to rapprochement with the United States*. University of Arkansas.

Skinner, Q. (1978). *The Foundations of Modern Political Thought. The Age of Reformation* (Vol. 2). Cambridge University Press.

Smoke, R. (1975). National Security Affairs. *Handbook of Political Science*, 8, 247-362.

Terriff, T., Croft, S., James, L., & Morgan, P. (2000). *Security studies today*. Polity.

Trest, W. A. (1998). *Air Force Roles and Missions: A History*. Government Printing Office.

Tse-Tung, M. (2014). *Selected works of Mao Tse-tung* (Vol. 5). Elsevier.

Waltz, K. N. (1988). The origins of war in neorealist theory. *The Journal of Interdisciplinary History* 18(4): 615-628.

Waltz, K. (1979). *Theory of international politics: reading*. University of California, Berkeley: Addison-Wesley Publishing Company, In.

Wohlforth, W. C. (1993). *The elusive balance: power and perceptions during the Cold War*. Cornell University Press.

Wolfers, A. (1952). "National security" as an ambiguous symbol. *Political Science Quarterly*, 67(4), 481-502



Fotografía / Photograph / Fotografía: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

Management and Strategy

Abdón Estibenson Uribe Taborda
Fuerza Aérea
Colombiana

Leonardo De Jesús Mesa Palacio
Universidad Tecnológica
de Pereira

Effect of Post-conflict Situations from Around the Globe since World War II, and Issues to Consider for Colombia*

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp.96-121

Citación: Uribe, A., y Mesa, L. (2019). Efecto del posconflicto a nivel global desde la Segunda Guerra Mundial y sus consideraciones para Colombia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2),96-121
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.636>

Abdón Estibenson Uribe Taborda

Oficial Fuerza Aérea Colombiana, Comandante Escuadrón Armamento Aéreo CACOM-5. Ingeniero Electrónico, Especialista en Sistemas de Información Geográfica SIG, Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica, Magíster en Seguridad Operacional y candidato a Magíster en Ciencias Militares. Investigador Principal Proyecto Colciencias 56743.
uribe027@hotmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh

Leonardo de Jesús Mesa Palacio

Ingeniero Mecánico y Magíster en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira. Coautor del artículo.
leomesa@gmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000350494

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.636>

*Reflection article based on a research project titled "Effect of post-conflict situations from around the globe since World War II and issues to consider for Colombia", attached to Research Group COL0159366 - Center for the Development of Aerospace Technology for Defense - CETAD. Funded by the Colombian Air Force and Colciencias.s

Abstract

This document summarizes a number of research projects on the subject of armed conflict and post-conflict situations, as experienced in some Latin American nations and other countries worldwide. This paper aims to analyze specific situations from these contexts, specifically those that exemplify the most relevant issues to consider for the peace building process between the Colombian government and the guerrilla group FARC, who signed a peace treaty on September 26, 2016. To this aim, the authors conducted an exhaustive review of history books

and databases. In the end, the article shows the results of the analysis, such as the challenges facing Colombia in the post-conflict era, and the elements that have proved to be determining factors in other countries' resolution of armed conflict. In Colombia these may serve as examples to follow in regard to decision-making and future plans, entailing political, economic, social and military transformations.

Key Words:

Post-conflict, Negotiation, Victims, War, Peace.

Gestão e Estratégia

Abdón Estibenson Uribe Taborda
Fuerza Aérea
Colombiana

Leonardo De Jesús Mesa Palacio
Universidad Tecnológica
de Pereira

Efeito do pós-conflito ao nível global desde a Segunda Guerra Mundial e suas considerações para a Colômbia *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp.96-121

Citación: Uribe, A., y Mesa, L. (2019). Efecto del posconflicto a nivel global desde la Segunda Guerra Mundial y sus consideraciones para Colombia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2),96-121
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.636>

Abdón Estibenson Uribe Taborda

Oficial Fuerza Aérea Colombiana, Comandante Escuadrón Armamento Aéreo CACOM-5. Ingeniero Electrónico, Especialista en Sistemas de Información Geográfica SIG, Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica, Magíster en Seguridad Operacional y candidato a Magíster en Ciencias Militares. Investigador Principal Proyecto Colciencias 56743.
uribe027@hotmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh

Leonardo de Jesús Mesa Palacio

Ingeniero Mecánico y Magíster en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira. Coautor del artículo.
leomesa@gmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000350494

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.636>

*Artigo de reflexão, derivado do projeto de pesquisa: "Efeito do pós-conflito ao nível global desde a Segunda Guerra Mundial e suas considerações para a Colômbia". Adscrito ao Grupo de Pesquisa COL0159366 - Centro de Desenvolvimento Tecnológico Aeroespacial para a Defesa - CETAD. Financiado pela Força Aérea Colombiana e Colciencias.

Resumo

Este artigo resume algumas pesquisas realizadas sobre os conflitos armados e pós-conflitos, vividos por alguns países Latino-americanos e outros ao nível global, sobre os quais se procura avaliar as situações particulares que mostrem os aspectos mais relevantes que se podem considerar no processo de construção do processo de paz, assinado no dia 26 de Setembro de 2016, entre o Governo Colombiano e o grupo guerrilheiro das FARC; para isto se fez uma revisão exhaustiva em livros de história e bases de dados. Ao finalizar se indicam os resulta-

dos obtidos da análise tais como os desafios que a Colômbia tem diante da etapa de pós-conflito, e os aspectos que têm sido mais determinantes em outros países, no desenlace do conflito armado, que podem servir como exemplos a seguir na tomada de decisões e os planos a executar na Colômbia, que implicam transformações em aspectos políticos, econômicos, sociais e militares.

Palavras-chave:

pós-conflito, negociação, vítimas, guerra, paz.

Gestión y Estrategia

Abdón Estibenson Uribe Taborda
Fuerza Aérea
Colombiana

Leonardo De Jesús Mesa Palacio
Universidad Tecnológica
de Pereira

Efecto del posconflicto a nivel global desde la Segunda Guerra Mundial y sus consideraciones para Colombia *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp.96-121

Citación: Uribe, A., y Mesa, L. (2019). Efecto del posconflicto a nivel global desde la Segunda Guerra Mundial y sus consideraciones para Colombia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2),96-121
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.636>

Abdón Estibenson Uribe Taborda

Oficial Fuerza Aérea Colombiana, Comandante Escuadrón Armamento Aéreo CACOM-5. Ingeniero Electrónico, Especialista en Sistemas de Información Geográfica SIG, Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica, Magíster en Seguridad Operacional y candidato a Magíster en Ciencias Militares. Investigador Principal Proyecto Colciencias 56743.
uribe027@hotmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh

Leonardo de Jesús Mesa Palacio

Ingeniero Mecánico y Magíster en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira. Coautor del artículo.
leomesa@gmail.com
CvLAC:https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000350494

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.636>

*Artículo de reflexión, derivado del proyecto de investigación: "Efecto del posconflicto a nivel global desde la Segunda Guerra Mundial y sus consideraciones para Colombia". Adscrito al Grupo de Investigación COL0159366 - Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa - CETAD. Financiado por la Fuerza Aérea Colombiana y Colciencias.

Resumen

Este documento resume algunas investigaciones realizadas sobre los conflictos armados y posconflictos, vividos por algunos países Latinoamericanos y otros a nivel global, sobre los cuales se busca evaluar las situaciones particulares que muestren los aspectos más relevantes que se pueden considerar en el proceso de construcción del proceso de paz, firmado el día 26 de Septiembre del 2016, entre el Gobierno Colombiano y el grupo guerrillero de las FARC; para esto se hizo una revisión exhaustiva en libros de historia y bases de datos. Al finalizar se indican los resultados obtenidos del análisis tales

como los retos que tiene Colombia frente a la etapa de posconflicto, y los aspectos que han sido más determinantes en otros países, en el desenlace del conflicto armado, que pueden servir como ejemplos a seguir en la toma de decisiones y los planes a ejecutar en Colombia, que implican transformaciones en aspectos políticos, económicos, sociales y militares.

Palabras clave:

postconflicto, negociación, víctimas, guerra, paz.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introducción

Los conflictos a nivel mundial se han desencadenado por razones económicas, sociales, religiosas, étnicas, entre otras. Esto en muchos casos ha llevado a procesos de diálogo en donde al finalizar la etapa de la confrontación armada se busca llegar a una solución política, lo que da lugar a la generación de otras problemáticas que repercuten en forma drástica en la sociedad civil.

Dentro del contexto mundial, se analiza que posterior a la Segunda Guerra Mundial y la terminación de la Guerra Fría, acto expresado en la caída del muro de Berlín el cual era considerado como una de las máximas expresiones de esta guerra, que al finalizar trajo consigo importantes repercusiones tales como el derrumbe de la Unión Soviética y la proclamación de Estados Unidos como la única superpotencia mundial. También se dio paso en la historia a la guerra del Golfo Pérsico, considerada como el primer gran conflicto de la Nueva Era que trajo consigo el surgimiento de nuevas amenazas como es la contraposición del mundo musulmán ante el occidental; uno de los principales focos de los conflictos y tensiones internacionales. También, entre los más visibles se encuentran el conflicto entre israelíes contra palestinos y el terrorismo islamista implantado por Al-Qaeda, cuyas raíces comienzan en las guerrillas anticomunistas financiadas por Estados Unidos.

A menudo, al referenciar los conceptos de guerra y conflicto armado, estos se entienden como sinónimos uno del otro. En la literatura contemporánea, se encuentra que el término guerra se entiende como la acción violenta extrema, comúnmente entre dos o más países, en búsqueda de someter al contrario para alcanzar intereses particulares soberanos, políticos, económicos, etc. En la actualidad, se reconoce el mismo sentido al conflicto armado entre grupos irregulares y el estado; en este escenario, los conceptos de estado en guerra o estado en paz, no tienen un límite perfectamente definido. Al interior de los países, es muy frecuente encontrar los llamados "estados de crisis" en referencia a los conflictos armados dentro del propio territorio. En

ambos casos, las leyes para conflictos armados se aplican sin importar el término.

Es ampliamente conocido que durante y después de un conflicto armado la población civil y las fuerzas armadas legítimas son las más afectadas. Por esto, en el recorrido de este trabajo se tomará en cuenta para su análisis prospectivo una línea del tiempo y la revisión literaria relacionada con las vivencias de los procesos de posconflicto a nivel internacional y regional de países que han sostenido similares situaciones a las de Colombia y que han firmado procesos de paz, como son los siguientes países: El Salvador, Nicaragua, Guatemala, Irlanda del Norte, Indonesia, Honduras y Sierra Leona.

Colombia durante mucho tiempo sostuvo dos conflictos armados al tiempo; el primero de ellos con dos grupos auto denominados Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) y el Ejército de Liberación Nacional (ELN); el otro conflicto, lo sostuvo con las Autodefensas Unidas de Colombia (AUC) o grupos paramilitares, los cuales se desmovilizaron entre los años 2003 al 2006. En la actualidad han surgido varias organizaciones del crimen, en el cuerpo de nuevos grupos armados; especialmente en las regiones donde operaban los grupos de autodefensa, involucrados en el tráfico de drogas y la explotación de la minería ilegal como medio de financiación de sus actividades delictivas.

En 2016 Colombia firmó el proceso de paz con el grupo guerrillero de las (FARC), razón por la cual el presente artículo se enfocará en la revisión en los posibles escenarios que puedan presentarse en la etapa del posconflicto colombiano basados en las experiencias vividas en otros países.

Objetivos

Objetivo general

Analizar las dinámicas socio económicas generadas en el escenario de posconflicto (de algunos conflictos armados a nivel global) desde la Segunda

Guerra Mundial y evaluar sus posibles consideraciones para Colombia.

Objetivos específicos

- Describir las etapas del proceso de posconflicto tras la firma de los acuerdos de paz en El Salvador, Nicaragua, Guatemala, Irlanda del Norte, Indonesia, Honduras, Sierra Leona y Colombia.
- Establecer las posibles lecciones descritas frente a las problemáticas que debe afrontar Colombia en la etapa del posconflicto, teniendo como referente las experiencias de El Salvador, Nicaragua, Guatemala, Irlanda del Norte, Indonesia, Honduras y Sierra Leona.
- Identificar el papel que deberán desempeñar las diferentes instituciones públicas para contrarrestar los posibles efectos negativos que se pueden prestar con la firma de la paz con el grupo guerrillero de las FARC.

Metodología

Con el fin de cumplir a cabalidad con los objetivos propuestos para este artículo de reflexión, se implementará un enfoque cualitativo, explicativo y descriptivo, recolectando diferentes fuentes de información de fuentes literarias, artículos, revistas, tesis e investigaciones, describiendo y comprendiendo las percepciones planteadas en cada uno de los países analizados, en la búsqueda e identificación de vivencias positivas y negativas de procesos de posconflicto vividos en otros países, que sirvan a las diferentes instituciones en Colombia, para afrontar los efectos a los que se enfrenta, tras la firma del proceso de paz con las FARC. De igual manera, se busca que con esta guía metodológica, se genere información relevante para apalancar la transformación cultural que se requiere en el posconflicto y con ello enfocar el interés general para buscar un impacto a nivel nacional.

Esta investigación presenta tres fases de desarrollo respectivamente:

Proceso exploratorio: búsqueda bibliográfica, recolección y selección de la información, la cual se realizará mediante la consulta de importantes bases de datos bibliográficas, como Google Academic, Science Direct y varios trabajos de grado.

Fase descriptiva: Lectura de los textos seleccionados y elaboración de contenido que permitan ilustrar información relevante de la temática de estudio.

Análisis de la información: Procesamiento, análisis, redacción y correcciones del producto de investigación.

Problema

Con la firma del acuerdo de paz entre el Estado colombiano y el grupo armado de las FARC, se termina una fase de la guerra interna en el país, dando origen al proceso de posconflicto que trae consigo, situaciones desconocidas donde surge la necesidad de evaluar las experiencias vividas por otros países a nivel mundial, que han tenido situaciones similares de conflicto armado. Esto permitirá preparar los escenarios de referencia a las instituciones del estado.

¿Qué efectos de los procesos de posconflicto, vividos en El Salvador, Nicaragua, Guatemala, Irlanda del Norte, Indonesia, Honduras y Sierra Leona, puede vivenciar Colombia en la firma de la paz con las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia – FARC?

Fundamento teórico

Posconflicto

Durante muchos años se habló únicamente del conflicto, de sus causas y consecuencias; sin embargo, hoy hacemos referencia a un término muy conocido que incluye todos los desafíos a los que nos enfrentamos como sociedad y estado,

una vez ha finalizado el conflicto; el posconflicto trae consigo, desafíos que en muchas ocasiones resultan ser más difíciles de superar que incluso el mismo conflicto. Para conocer sobre el origen del término posconflicto, “nos debemos remitir al año 1992 cuando el secretario general de la ONU, Boutros Ghali, planteaba en su documento llamado *Agenda para la paz*, elementos para la construcción de la paz”[25].

Para conocer de fondo lo que implica el posconflicto a nivel global y nacional es importante tener claro a que hace referencia este término; estas son algunas opiniones y definiciones sobre lo que es, e involucra el posconflicto:

Cuando existe conflagración entre estado y organizaciones armadas ilegales, y se pueden ver indicios de su terminación total o parcial, se hace necesario hablar de posconflicto, una serie de “tareas que se proyectan en el tiempo mucho más allá del cese del enfrentamiento”[16].

El término posconflicto es usado para referirse a todos los retos que se presentan para la construcción de paz, una vez superado el conflicto, en el marco de negociaciones concertadas o de la victoria militar; se entiende también como el conjunto de acciones que permitan fortalecer y la solidificar la paz, evitando la reaparición del conflicto[47].

“Recientemente este término se ha aplicado a las acciones anteriores al fin del conflicto que busca atender sus causas [48].”

Sin embargo, el uso expansivo del término para abarcar ambos periodos puede llevar a algunas dificultades conceptuales[50].

Características del posconflicto

Los aspectos más relevantes del posconflicto al igual que las bases y la ruta que debe seguir este proceso, están determinadas por la ubicación geográfica del posconflicto[32].

Aspectos de la etapa de posconflicto

Hablar de posconflicto resulta complejo, pues involucra una serie factores que hace ardua la tarea de evitar o solucionar de manera eficiente todos los problemas que trae consigo, convirtiéndose en un verdadero reto no solo para el estado y organismos encargados de planear, vigilar y controlar este proceso, sino para la todas las víctimas, victimarios del conflicto y la sociedad misma.

Es así como “los países se enfrentan a la complejidad de la violencia y la migración de las actividades delictivas en los años siguientes, los vínculos entre las condiciones que causan los conflictos y las que persisten en el posconflicto”[26].

Los hábitos de la guerra, aún posterior a su terminación, perduran en el tiempo debido a que la cultura violenta se transforma en una forma de vida y de subsistencia. Las personas que buscan alternativas de convertir la clandestinidad en libertad, deben batallar con cultura, sociedad y consenso, lo que representa su mayor obstáculo a la hora de establecerse en trabajos no violentos [32].

Se estima que “*la violencia permanece como uno de los principales obstáculos para la reconstrucción y estabilización de las sociedades después de la guerra*”[26]. Sin embargo a esto se suman situaciones particulares como la realidad que viven tanto guerrilleros y soldados que han combatido toda su vida y no saben desempeñar otras labores; personas víctimas de secuestro, persecución y tortura que temerán siempre por su vida; niños que crecieron y se desarrollaron en el marco de la guerra; presencia de grupos armados de diferentes vertientes políticas o económicas que amenazan la paz; hombres que debido a su participación en el conflicto armado regresan a sus hogares a ejercer violencia en su entorno familiar: guerrillas que se desvanecen con su participación en la vida política; deterioro del sistema e instituciones educativas e ineficiencia y poca transparencia del estado y otras organizaciones que trabajan y acompañan la rehabilitación social[32].

Aunque el conflicto que se desarrolla en Colombia no esté bajo las mismas condiciones en las que otros países vivieron la etapa del conflicto y postconflicto, su historia si nos da herramientas para que el acuerdo de paz esté bien diseñado y ejecutado, sin olvidar con el tiempo el desarrollo de los compromisos adquiridos y se descuiden factores que puedan alterar la paz que se haya logrado o se originen problemas laterales; es por esto que coincidimos con el expresidente de Uruguay Pepe Mujica, quien indicó el pasado 13 de junio de 2017 que “Colombia es un laboratorio de la historia” y nos invita a que “no lo hagamos fracasar”.

Bajo estas consideraciones bien vale la pena dar una mirada a lo que fue para algunos países el conflicto armado y su paso por el posconflicto.

Experiencia Irlanda del Norte

Desde 1968 hasta 1998, vivió un conflicto que termina mediante un acuerdo con el que se firma la paz, sin embargo esto no fue una garantía de estabilidad ya que desde entonces surgieron nuevos factores de tensión que provocaron la migración de otras formas de violencia.

La experiencia Norirlandesa permite reflexionar sobre varias problemáticas relacionadas con los conflictos, los procesos de paz y la violencia dentro de las que se encuentran: la ausencia de legitimidad estatal, lo cual ha permitido la presencia de grupos paramilitares que se promueven como una estructura capaz de auto-constituirse como legitimidades alternativas, la desmilitarización incompleta condujo a la conformación de grupos disidentes que rechazaron los acuerdos, visto como falta de control estatal total y los líderes paramilitares que migraron sus actividades delictivas generando mayor índice de inseguridad y criminalidad[20].

Las actividades criminales económicamente lucrativas compensaron sus pérdidas financieras al terminarse la guerra, que en este caso, varios grupos disidentes evolucionan hacia la conformación de verdaderas mafias involucradas en cualquier tipo de tráfico criminal que les permita mantener su estilo de vida (poder, estatus, seguridad, venta-

jas económicas), factores que dificultan los procesos de desmovilización y aumentan la resistencia de los miembros de esas organizaciones, opacando cualquier mecanismo que se implemente para neutralizar su reincidencia[20].

Las esperanzas reales de justicia para familiares de las víctimas del conflicto, siguen a la espera de testimonios veraces de los actores del mismo, escribiendo detalladamente la memoria histórica de la truculenta realidad[10].

En contraposición al caso colombiano, países como Irlanda del Norte carecen de homogeneidad social en cuanto a identidad nacional, gracias a las diferencias de separatistas católicos y de unionistas protestantes. Según afirmaciones del profesor Felipe Piedrahita, coordinador de la Cátedra Unesco en Resolución Internacional de Conflictos y Construcción de Paz de la Universidad de Antioquia, en Colombia tenemos una identidad nacional hegemónica, mestiza, católica y conservadora, mezcla perfecta para agravar su condición de víctima, pero no generador de violencia. Los grupos armados norirlandeses y colombianos ofrecen, a primera vista, un paralelo simple: Existen en ambos países, motivaciones, insurgentes y contrainsurgentes [10].

En afirmaciones de la profesora Valderrama, las organizaciones contrainsurgentes en Irlanda del Norte, no tenían apoyo ni actuaron de la mano de las fuerzas estatales y su financiación procedió de agentes externos, en especial del Reino Unido por apoyo logístico y permisividad, en ausencia del Estado. Los acontecimientos que se presentaron con el conflicto y posconflicto en Irlanda del Norte ofrecen una perspectiva sobre las condiciones políticas, económicas y sociales que pueden afrontar países en condiciones similares, que hoy emprendan un proceso de posconflicto; el actual escenario sociopolítico Norirlandés ofrece números ejemplos de la evolución del conflicto civil, pasando de máxima violencia al acuerdo entre las partes beligerantes, en búsqueda de paz política, no bien entendida y aceptada por todos los ciudadanos norirlandeses.

Experiencia El Salvador

La crisis general que vivió El Salvador, tiene como origen la crisis de 1930, derivada de la gran depresión en la economía mundial, que deja factores socio-económicos como la pobreza, la desigualdad social y el detrimento de los salarios mínimos para la población; factores que el régimen político fue incapaz de manejar procesando y respondiendo a las crecientes demandas y expectativas de democratización y reformas socio-económicas [43].

El conflicto que vivió El Salvador, no se debe a causas étnicas, sino a conflictos político-económicos entre la guerrilla y el gobierno, al igual que el conflicto que ha asumido Colombia[23]. Por otra parte se atribuye como otro de los detonantes del conflicto armado la concentración de riqueza, que generó una inmensa brecha entre la población. Todos estos factores ocasionaron una serie de eventos que dieron lugar desde el año 1929 a golpes militares y gobiernos de extrema derecha, los cuales propiciaron el surgimiento de grupos guerrilleros, con apoyo de grupos de izquierda, como el conocido Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN), resultado de la alianza de grupos que se alzaron en armas contra las dictaduras militares; tras un fuerte derramamiento de sangre que detonó la guerra civil en 1980, El salvador tuvo que soportar 60 años de represión [18].

Así como en Colombia, El Salvador ensambló grupos paramilitares que, con el apoyo de las Fuerzas Armadas en los años 70, ejecutaron todo tipo de barbaries contra los líderes y poblaciones opositoras. Se consolidaron escuadrones de la muerte para aterrorizar y controlar las zonas con presencia de guerrillas; finalmente con la intervención de la ONU, se logra firmar un acuerdo de paz en el año 1992, bajo condiciones controladas de destrucción de armas, desmonte de escuadrones de la muerte y desmovilización de las Fuerzas Armadas y la Policía; sin embargo esto no garantizó el final de la guerra, solo se dio paso a una nueva etapa donde los protagonistas del conflicto fueron las redes de delincuencia común, entre los que se encontraban aquellos que habían participado del conflicto armado y otros civiles[18].

La nueva etapa a la que se ve ahora enfrentado este país, es conocida como postconflicto, una nueva e inesperada guerra que lo llevó a convertirse en uno de los más violentos de Latinoamérica, esto como el resultado de un inminente descuido del gobierno y la sociedad, cuyo interés estuvo centrado en los reinsertados y cambios en la constitución, mientras se daba lugar al surgimiento de bandas delincuenciales como los llamados Maras, que durante años fueron responsables de extorsiones, muertes, narcotráfico y terrorismo en El Salvador. Esto reafirma, que el fin de la guerra no generó disminución de índices de violencia en El Salvador[3].

La violencia delincuencial es el problema más grave que enfrenta El Salvador en el posconflicto; se indica que "el incremento del crimen y la delincuencia común obedece a factores como: las dificultades en la reinserción económica de los excombatientes; el vacío institucional en materia de seguridad pública y de justicia y la existencia de grandes cantidades de armamento circulante que quedaron en manos de civiles después de finalizado el conflicto"[3].

Aunque la guerra vivida por El Salvador, se haya desarrollado en contextos diferentes a la de Colombia, son varias las lecciones que nos deja, entre las que se destacan los procesos de sanación de las heridas sociales, atención a desplazados, jóvenes y niños; el restablecimiento de las entidades de estado para facilitar el proceso de transición del posconflicto realizando elevadas inversiones en la atención de las zonas más remotas del país[18].

Tras la participación del pueblo colombiano en el plebiscito en el que la mitad de los colombianos parecen no estar de acuerdo con el pacto de paz con las FARC, se evidencia una sociedad dividida y esto lindando con la corrupción son situaciones potencialmente graves a las que se debe prestar atención durante este periodo de posconflicto.

Experiencia Guatemala

Al igual que en otros países existe un factor determinante que ha dado lugar al conflicto armado; para el caso de Guatemala se trata de una violencia

política impartida por las dictaduras, golpes de Estado, ausencia de gobiernos civiles, incluyendo los gobiernos controlados por el ejército; a este factor político se unen otros como la pobreza, inequitativa distribución de la tierra, el analfabetismo, el racismo, la inseguridad y la violación de los derechos sociales, civiles y culturales especialmente de los grupos indígenas locales, que han contribuido al conflicto armado de este territorio[43].

El conflicto armado en Guatemala se da en los inicios de la década de los sesenta; sin embargo, ya había algunos antecedentes desde el golpe de Estado y la intervención militar en el año 1954, como preámbulo de gobiernos militares, elecciones fraudulentas y cierre del sistema político que busca neutralizar y eliminar la amenaza de los movimientos guerrilleros, que surgieron como respuesta a una lucha por la consecución de la paz, la democracia y la justicia social del pueblo de Guatemala, sometido por años a un gobierno injusto.

En el año 1960, la cúpula militar del país, conformó un movimiento para derrocar al gobierno de la época como responsable por el caos político, social y económico del país; este periodo se caracterizó por manifestaciones y la lucha guerrillera, en búsqueda de clausura de la participación democrática, dejando sólo una vía de participación a los revolucionarios demócratas y al pueblo en general: la lucha violenta para cambiar la situación del país[15].

Finalmente, tras varios años de lucha, se logra una relativa apertura democrática que dio paso al retorno de los gobiernos civiles en 1986, que posibilitó el inicio de un largo proceso de negociaciones que tuvo sus inicios en el año 1987, cuando el entonces Presidente de la República, Vinicio Cerezo, impulsó las primeras reuniones entre las fuerzas que habían estado enfrentadas desde la década de los años 60[38]. Este proceso culmina con la negociación de paz el 29 de diciembre de 1996, durante la presidencia de Álvaro Arzú con la cual se firma el Acuerdo de Paz Firme y Duradera entre el Gobierno de Guatemala y la Unidad Revolucionaria Nacional Guatemalteca[43].

En este acuerdo se expusieron 13 puntos y 300 compromisos, entre otros temas, que trataban el fortalecimiento de la sociedad civil y la función del ejército, los pueblos indígenas, la reforma constitucional, el régimen electoral, el reasentamiento de la población desplazada, las condiciones socioeconómicas, y la reforma agraria, sin embargo pese a los esfuerzos, estos acuerdos no llegaron a cumplirse en su totalidad[38].

Finalizado el conflicto armado, tras la firma de la paz, Guatemala inicia un periodo de posconflicto con la participación y reorganización de los sectores sociales violentados por los grupos contrainsurgentes; los cambios institucionalizados en tiempos de paz, propiciaron oportunidades para establecer justicia[41], [12]. Esto a su vez, genera avances significativos en materia de justicia transicional; el estado fortalecido con organizaciones de la sociedad aunado a la cooperación internacional, impulsaron el derecho de las víctimas, y de la sociedad en general, a la verdad, la reparación y la justicia.

Como estos sucesos, existen otros eventos que se fueron dando en el postconflicto de Guatemala que sirven de referente para Colombia en temas como las herramientas para reparar los crímenes de estado [41] y los retos de desarrollo en la consolidación de los derechos a todos los ciudadanos y el reconocimiento de su propia cultura, la protección de aquellos lugares que ancestralmente les pertenecieron como las zonas de ritos y la particularidad de su auto-gobernabilidad[14].

Guatemala, en el marco del posconflicto, se convierte en un referente en la aplicación de seguridad democrática, entendiéndose no solo como el concepto de la protección contra amenazas de orden público y de seguridad, sino al respeto de los derechos humanos y al carácter multiétnico, pluricultural y multilingüe de la nación Guatemalteca[31].

Los acuerdos de paz en Guatemala, establecen la obligatoriedad de la consulta previa, libre e informada en el caso de desarrollarse grandes infraestructuras en el país; aspecto que algunas empresas extractivas no han contemplado, ni integrado

en sus políticas de responsabilidad social en la era posconflicto[11].

Bajo todas las premisas asociadas al conflicto y posconflicto sufrido por Guatemala se pueden destacar como aspectos importantes a considerar la hora de asumir un acuerdo de paz, los siguientes:

Poner atención al cumplimiento de los compromisos adquiridos con todas las partes que involucra el posconflicto.

Se debe considerar un tiempo de resarcimiento, esa deuda que se tiene con las personas que han sido víctimas en el conflicto y que todas las instancias y actores de un país tomen el papel que les corresponde, no solamente en el aporte de fondos sino en la participación de la solución de los problemas paralelos que lleva todo conflicto armado.

Experiencia Nicaragua

El conflicto armado Nicaragüense al igual que los conflictos de otros países latinoamericanos como Guatemala y El Salvador son de tipo social; durante años el régimen político para Nicaragua fue prácticamente una dictadura impartida por la dinastía familiar de los Somoza, en la que el pueblo vivía sometido a la violación de sus derechos, la desigualdad, la corrupción y el abuso de poder, lo que dio paso al surgimiento de grupos revolucionarios que buscaban derrocar este gobierno, así nace el FSLN (Frente Sandinista de Liberación Nacional) que encuentra apoyo en movilizaciones de masas populares, otras fuerzas políticas y la influencia de Cuba.

El FSLN fue fundado como organización guerrillera en 1961, inicia su revolución con acciones armadas que buscan derrocar a la dinastía Somoza perpetuada en el poder, hasta llegar a provocar una guerra civil desarrollada en 1978, que desembocó en la caída de la dictadura en julio de 1979[36]. Más adelante en la década de los ochenta se desata el conflicto armado interno entre el Frente Sandinista y el naciente grupo armado Contra, que estaba en oposición al sandinismo y lo conformaban anti-

guos seguidores del somocismo quienes estuvieron aliados con Estados Unidos y la oligarquía del país, algunos factores como las campañas de reclutamiento sumadas a los hechos violentos que desataron los enfrentamientos entre ambos bandos afectaron directamente a la población civil hicieron que durante los primeros años del decenio de los ochenta cerca de 30.000 nicaragüenses llegaran a Honduras en calidad de refugiados[35].

Finalmente en 1987, aunque el FSLN militarmente fuera victorioso, se encontraba en una situación económica desastrosa y bajo la continua hostilidad estadounidense, lo que lo obligó a aceptar el diálogo y a negociar directamente con la contrarrevolución. De ahí surgió el acuerdo provisional de cese de fuego que el gobierno y los insurgentes firmaron en marzo de 1988 [7].

La victoria de la coalición Unión Nacional Opositora (UNO), que llevó a la presidencia a Violeta Chamorro, facilitó la firma de un acuerdo de paz y la desarticulación de los contrarrevolucionarios en el año 1990. Cerca de 22.000 contrarrevolucionarios entregaron su armamento a la ONU en cambio de ayudas para reactivar la producción nacional y la reintegración a sus tierras. Este proceso de pacificación ha sido muy exitoso y sólo está empañado por la acción de pequeños grupos de contrarrevolucionarios y militares desmovilizados denominados "recontras" y "recompas", respectivamente, que no están de acuerdo con la paz realizando esporádicas acciones de hostigamiento de poca importancia [19].

En los años 80 en Centroamérica (Nicaragua, Honduras y El Salvador) dieron el paso a la etapa de transición hacia el régimen político democrático representativo [34]. A pesar de los procesos de paz, Centroamérica continúa siendo una región conflictiva, caracterizada y enmarcada por los viejos problemas sociales que originaron los enfrentamientos armados y reactivados por las nuevas dinámicas socioeconómicas, políticas y ambientales, todas ellas propias del nuevo modelo económico regional[37].

La liberalización política permite la consolidación de

movimientos o partidos políticos tras los acuerdos de paz en El Salvador y Guatemala, y el acuerdo político de transición en Nicaragua. Estas dinámicas políticas finalmente llevaron a la transformación del poder militar y a la aceptación de la supremacía civil por parte de los militares [35]. Pese a la firma de los acuerdos en los tres países, las condiciones acordadas terminaron siendo incumplidas o simplemente no tuvieron un seguimiento oportuno [40].

Experiencia de Indonesia

El conflicto armado que vivió Indonesia se enmarcó contra la región de Aceh (provincia conocida por su autonomía política y resistencia al control extranjero); tras varios intentos por colonizar esta región, la población Aceh siempre puso resistencia y se mantuvo en la lucha por defender su libertad, sin embargo por un largo tiempo fue sometida por los holandeses y el gobierno central indonesio, quienes saquearon sus riquezas naturales (gas natural, petróleo, cobre, oro, hierro), y que acabaron en la lejana capital de Indonesia, Yakarta.

Tras una larga lucha y resistencia, el 4 de diciembre de 1976 el pueblo Aceh logra su independencia y se establece el Frente de Liberación Nacional de Aceh Sumatra (ASNLF) y nace el grupo de resistencia *Gerakan Aceh Merdeka* (GAM, Movimiento de Aceh Libre), quienes en los años siguientes fortalecen sus tropas, en contra de los grupos militares indonesios, convirtiendo a Sumatra (entre los años 1990 y 1998) en zona de operaciones militares en las que mueren miles de personas; para el año 2000, unidades especiales militares de Indonesia llegan a Aceh donde cometen atrocidades en contra de las fuerzas militares de Aceh y la población civil. En el 2002, los actores en conflicto (separatistas y el gobierno) establecen un plan de paz que acabó en fracaso el año 2003, declarándose la ley marcial en Aceh por un periodo de un año [8].

Después de años de lucha e intentos de acuerdos de paz sin resultados positivos, el 26 de diciembre de 2005 un tsunami azota las costas de Aceh dejando devastada esta región; un evento

que para muchos sirvió de catalizador para la paz, pues en ese momento el GAM decide sentarse de nuevo a la mesa y entrar en el proceso de paz; este grupo "sintió que era muy inhumano continuar la guerra cuando tantos miles de personas habían perdido la vida por el terremoto y el tsunami" así lo explica *Shadia Marjaban* una activista por los derechos humanos que estuvo en el exilio por su apoyo al movimiento independentista[8].

Pasados tres días de la tragedia, el GAM declaró el alto al fuego, lo que permitió que organizaciones internacionales entrasen a la zona para ayudar en la emergencia y la reconstrucción de Aceh, así mismo se da paso al llamado Memorando de entendimiento, un acuerdo de paz firmado el 15 de agosto de 2005 por representantes del gobierno de Indonesia y el movimiento de Aceh libre, en el que se establecen acuerdos como la autonomía para la provincia, Participación política, Amnistía y Reintegración, todos ellos incluidos en la constitución de Aceh (ver art.1.1.2.a., art.1.2.1., art.1.2.3.).

Posterior a la firma de estos acuerdos se realizan elecciones provinciales y locales en el 2016 donde fue ganador el Partido Aceh (PA) con Irwandi Yusuf, salido de la guerrilla y uno de sus antiguos miembros y dirigentes del partido; así mismo otros ex miembro del GAM consiguieron ser elegidos como alcaldes y jefes de distritos; de esta forma Aceh inicia un nuevo periodo en el que sobresale la coordinación y el liderazgo para regular la reconstrucción de Aceh tras el conflicto armado que vivió durante décadas y la devastación que dejó el paso del tsunami.

Sin embargo, hay quienes consideran que la ayuda humanitaria internacional ha sido prestada en función de otros intereses y en detrimento de las poblaciones más necesitadas; Aunque el tsunami, que devastó el sur de Asia y puso fin al conflicto entre la región de Aceh e Indonesia ayudó, el conflicto está lejos de resolverse, ya el gobierno de Yakarta se benefició de la debilidad que causó a los separatistas la catástrofe natural y los intereses económicos de la empresa Exxon y de Estados Unidos en

la región; Maximiliano Sbarbi afirma, que a pesar de que no existen actualmente conflictos étnicos, el llamado conflicto étnico es una forma de simplificar una lucha política y económica, relacionada generalmente con intereses de grandes empresas[6].

Algunas de las variables que permitieron el éxito del proceso de paz entre Aceh e Indonesia han sido:

Líderes comprometidos con la paz: entre los que se destaca presidente del gobierno de Indonesia, Susilo Bambang Yudhoyono y el líder opositor Irwandi Yusuf.

Importancia del periodo de «Reforma»: la llegada de la democracia a Indonesia dio paso al inicio de nuevas políticas y un proceso de descentralización política que inició en el año 1999 y se profundizó en el 2004, contribuyendo a asentar una de las bases de la paz en Aceh.

Ruptura del Timor Oriental: Timor Oriental empujó a la élite política de Indonesia a presentar otras alternativas políticas para los diversos problemas que amenazaban la unidad de Indonesia como Aceh, Molucas, Papúa o quizás y en una medida mucho menor, el caso de la isla hindú de Bali. Posiblemente sin la escisión de Timor, la paz en Aceh no hubiera llegado.

El apoyo de Europa y ASEAN: la misión de verificación que desarrolló la Unión Europea fue clave en la fase crítica del proceso de paz, logró mantener la correcta equidistancia entre ambas partes y después de la firma del *Memorandum of Understanding* entre el GAM y el Gol se convirtió en un muro ante posibles rebrotes de la lucha armada entre ambos oponentes.

El triunfo de la política: tras 30 años en busca de la paz por la vía militar se logra un cambio en la estrategia por parte del Gobierno de Indonesia y el GAM; llega un gobierno con otras ideas que empujaron a una vía política a la resolución del conflicto de Aceh.

El rol de *Crisis Management Initiative:* luego del fracaso del primer proceso de paz y la situación política en Indonesia y sobre todo en Aceh, fue conveniente desarrollar las conversaciones de paz en

territorio extranjero para poder gestionarlas con tranquilidad y sobre todo lejos de presiones.

Pérdida de influencia del ejército: las diversas operaciones militares en Aceh solo produjeron muerte, destrucción y resentimiento, pero con la llegada de la democracia a Indonesia las fuerzas militares pierden su poder, sobre todo su definitivo control por parte de Susilo Bambang Yudhoyono que constituyó la eliminación de uno de los principales obstáculos a la opción negociadora.

La destrucción causada por el Tsunami: la llegada del Tsunami el 26 de diciembre de 2005 produjo tres efectos extremadamente positivos para el futuro del conflicto; primero, hizo que la sociedad de Aceh enfrascada en 30 años de conflicto armado presionara tanto al gobierno central como al Gerakan Aceh Merdeka para una paz negociada; segundo, las dificultades de mantener la lucha armada por la presencia de multitud de ONG's internacionales y medios de comunicación mundiales así como por los niveles de destrucción acontecidos, frenó la violencia y por último, un estrangulamiento en las finanzas del Gerakan Aceh Merdeka y en los propios recursos del ejército indonesio les obligaron a cambiar de estrategia y a rebajar sus pretensiones[30].

Experiencia Sierra Leona

A diferencia de otros países africanos que han vivido un conflicto armado provocado por la rivalidad étnica, en Sierra Leona la principal causa son los diamantes; esta guerra que inició en 1991, finaliza con el acuerdo de Abuja I en noviembre de 2000 y Abuja II en mayo de 2001; tuvo como detonante principal la intervención de Joseph Momoh el entonces presidente de Sierra Leona, en la guerra civil que se estaba librando en Liberia[50].

Con aceptación de la presencia de tropas sierraleonesas en el contingente de interposición establecido por el Grupo de Supervisión ECOMOG de la Comunidad Económica de Estados del África Occidental (ECOWAS-CEDEAO) establecido para contribuir a la pacificación de la guerra que vivía Liberia, impiden que las fuerzas rebeldes dirigidas por Charles Taylor (NPFL), líder del principal grupo

guerrillero liberiano, logran su victoria en Monrovia, lo que produjo que este grupo emprendiera una fuerte ofensiva contra todos aquellos implicados en dicho contingente, y decide trasladar la guerra a Sierra Leona con el objetivo de obligar a Momoh, a que retirase sus efectivos de ECOMOG. Para esto, Taylor convenció a Foday Sankoh compañero de ruta y de exilio, a que formase el movimiento de lucha armada, conocido como el Frente Revolucionario Unido (RUF) a principios de 1991, dando comienzo a una guerra que duró diez años.

El Frente Unido Revolucionario (RUF), es un grupo armado de oposición que controlaba las áreas productoras de diamantes de Sierra Leona y ha usado el tráfico de diamantes para adquirir armas que han contribuido a los abusos contra los derechos humanos en la región; El RUF ha sido responsable del homicidio, tortura y secuestro de miles de civiles todo a lo largo del conflicto[50].

La lucha contra los recursos diamantíferos de Sierra Leona provocó tal derramamiento de sangre pues se convirtieron en la principal fuente de ingresos para financiar la guerra; según los expertos mundiales en diamantes, creen que los diamantes de Sierra Leona son las piedras preciosas más valiosas en el mercado mundial de diamantes, a diferencia de los diamantes de Liberia los cuales son clasificados como diamantes industriales, piedras imperfectas que no tienen el mismo valor. El RUF utilizó diamantes para comprar municiones, armas, medicinas y alimentos, la posesión de armas y municiones por grupos rebeldes les dio poder para controlar vastos territorios del país, esclavizar a civiles y explotarlos en las minas de diamantes. El deseo de expandir las "áreas controladas" en partes del país maduras para la explotación económica, gradualmente se convirtió en el principal factor motivador para todos los grupos armados y muchos comandantes locales, lo que provocó un mayor conflicto [51].

A lo largo de estos años, Sierra Leona ha tenido varios acuerdos fallidos seguidos de más actos de violencia, golpes de estado, vulneración a los derechos humanos, exclusión social y mala adminis-

tración de sus recursos económicos; esto a la vez, desencadena el masivo desplazamiento de civiles, ataques a la población representados en terribles atrocidades como amputaciones, asesinatos, violaciones, secuestro de niños y niñas para ser utilizados como soldados o esclavas sexuales; todos estos motivados por el mercado negro de los llamados "diamantes de sangre" como fuente de recursos inagotable para el financiamiento de los grupos rebeldes más sangrientos y brutales[50].

Gracias a la intervención de organismos internacionales como las Naciones Unidas, la asociación Internacional de Fomento (AIF), el Fondo del Banco mundial, quienes han entregado a la población beneficios concretos, han ayudado a que después de 11 años de conflicto civil, Sierra Leona inicie su periodo de recuperación retornando a la democracia, recobrando la economía y la educación aspectos que han permitido que este país logre consolidar la paz.

El incremento del PIB, la reanudación de las actividades del Banco, el apoyo para el retorno de las personas desplazadas y ex combatientes a sus comunidades, la creación de reformas políticas y condiciones básicas de seguridad, la rehabilitación de escuelas comunitarias y dispensarios de salud, son apenas algunos aspectos logrados tras la firma de los acuerdos de paz y el apoyo de organismos internacionales en los últimos años.

Aspectos importantes del posconflicto en países que han vivido la guerra

Bajo el análisis de las experiencias vividas durante el conflicto y posconflicto por países como Guatemala se consideran cuatro conceptos cruciales para el posconflicto que son: la reconstrucción, rehabilitación, asistencia humanitaria y construcción de la paz, al mismo tiempo se debe evaluar la situación de los miembros combatientes de las fuerzas militares que dejan de participar de los enfrentamientos armados[31].

Por otra parte, se indican tres dilemas a los que se

deben enfrentar las sociedades en etapa de posconflicto: el primero, la construcción de una nueva fase de vida política sobre la reclamación de justicia; segundo, la necesidad de llevar adelante una política de exhumación de víctimas de la guerra y el tercero, tiene que ver con los discursos con los que las sociedades post bélicas explican y dan sentido a la violencia sufrida[33].

Antecedentes del contexto colombiano

Ospina Castro (2012), (realizó un trabajo investigativo para obtener su requisito de especialista de la Universidad Militar Nueva Granada, titulado "Roles de la Policía Nacional de Colombia en el posconflicto" [39], donde planteó en la pregunta problema ¿Qué roles y cambios pueden darse en la Policía Nacional de Colombia en un escenario hipotético de firma de acuerdos de paz del gobierno con las FARC?, arrojando como resultados, que ante la firma de un acuerdo de paz con las FARC es posible el desmonte de Unidades del Ejército Nacional, que la Policía Nacional incorpore personal excombatiente de los grupos al margen de la ley, lo cual podría generar un impacto fuerte en la institución. Así mismo, la investigación concluye que la Policía Nacional ante las nuevas condiciones requerirá la redefinición de roles y el restablecimiento de ciertas especialidades internas de la Institución. Se deberá controlar y mantener la soberanía colombiana; de igual manera que la Fiscalía General de la Nación necesitará mayor personal de la Policía Judicial. También se hará necesario implementar programas de capacitación para la aplicación de nuevos conocimientos y deberá adaptarse a los cambios para afrontar los riesgos delictivos y violentos que se puedan presentar.

Melamed (2014), en su trabajo de investigación "Del conflicto al posconflicto en el contexto colombiano"[2]; presenta como objetivo principal un recuento de los principales antecedentes históricos frente a esta materia y resalta los mayores desafíos que aún existen frente a iniciativas de concertación pacífica, encaminadas a la consecución de un escenario real de posconflic-

to en el contexto Colombiano. Sus conclusiones indican que a pesar de las negociaciones de paz orientadas a crear un espacio entre las FARC y el gobierno colombiano es muy complicado visto desde la perspectiva de la democratización, tomando como ejemplo casos similares como los de El Salvador y Guatemala. La segunda conclusión indica que Colombia no ha logrado concretar un escenario adecuado de posconflicto para lograr la paz, puesto que los hechos de violencia y dolor, continúan presentándose. De lograr un acuerdo de paz, el país deberá enfrentar los posibles desafíos para vivir en sociedad.

Montes (2009), Revista *Criminalidad* Volumen 51, Número 1, junio 2009, pp. 163-177. Bogotá, D.C., Colombia, realizó un artículo denominado "Posconflicto en Colombia: un análisis del homicidio después del proceso de desmovilización de los grupos de autodefensa"[42], que tuvo por objetivo analizar el comportamiento del homicidio en Colombia durante el período 2003-2006, en el que se llevó a cabo el proceso de desmovilización de los grupos de autodefensas, lo que trajo como consecuencia una etapa de posconflicto para el país y hace una reflexión sobre el proceso de desmovilización, como una posible causa que ha contribuido a la disminución de las tasas de homicidio. Presenta como resultados que en ciertas regiones del país las tasas de homicidio se han incrementado por la creación de nuevos grupos armados y la notoria utilización de recursos del presupuesto nacional para las Fuerzas militares y de Policía Nacional. La conclusión se centra en que durante la gobernación del presidente Álvaro Uribe se enfatizaron las negociaciones con las autodefensas y el proceso de desmovilización.

Mora y Ugarriza (2014), realizaron un Cuaderno de Análisis titulado "Una Muestra de Experiencias de Posconflicto: los retos de la construcción de la paz"[22], en donde el objetivo fue analizar las características generales del posconflicto en siete países, sin desconocer las particularidades de cada caso. En este se dieron como conclusiones, algunas consideraciones en donde se expone que el riesgo principal de volver a la guerra está latente durante el posconflicto; de ahí radica la importancia de tra-

bajar en la construcción de la paz, para que no sea posible el regreso a la guerra.

Krause y Jutersonke (2005) elaboran un artículo llamado: "Paz, Seguridad y Desarrollo en Ambientes de Posconflicto"[21]. El objetivo fue presentar un panorama crítico sobre los propósitos de consolidación de la paz en el proceso de posconflicto. Los resultados explican que los procesos de posconflicto tienen un enfoque de ingeniería social que está sujeto a tensiones y dilemas similares a los de la formación del estado; existe una falta de conexión entre los actores políticos, profesionales, de desarrollo y de seguridad humana. El artículo concluye que un país debe dirigirse hacia la estabilidad liberal, no debe retroceder ante el fatalismo histórico y emprender medidas sobre las acciones violentas.

Acevedo y Rojas (2016), trabajaron en una investigación titulada "Generalidades del conflicto, los procesos de paz y el posconflicto"[44], con el objetivo de reflexionar acerca de la concepción de un conflicto y sus características, y conocer la importancia de los procesos de paz y el posconflicto. Sus resultados muestran que los acuerdos de paz son una negociación entre las partes y pueden requerir de un tercer actor neutral para la mediación a través de un proceso de paz. Concluye que los acuerdos de paz juegan un papel importante para superar las escaladas de violencia y superación de las diferencias, en pro de la verdad, reparación de víctimas y justicia.

Hamber y Wilson (2002), en su artículo: "Cierre Simbólico a través de la memoria, reparación y venganza de las sociedades en posconflicto"[1], tienen como objetivo principal la recopilación de las experiencias traumáticas vividas a través del trabajo antropológico de campo con los sobrevivientes de la violencia del conflicto. Se basan en el contexto de la Comisión Surafricana de la Verdad y Reconciliación. Sostienen que los discursos sobre reconciliación en las naciones obedecen a necesidades individuales y las Comisiones para la Verdad y los procesos individuales para la sanación se realizan en tiempos diferentes. Los llamados a la re-

conciliación psicológicamente afectan a los sobrevivientes y la retribución cierra positivamente los ciclos. Concluyen que los procesos para restaurar el pasado no logran reponer los ciclos vividos por las víctimas del conflicto, pero las Comisiones de la Verdad aunque no son el único proceso son útiles en el cierre de ciclos.

Wielandt (2005), elaboran un documento, llamado: "Hacia la construcción de lecciones del posconflicto en América Latina y el Caribe: una mirada a la violencia juvenil en Centroamérica"[28]. El objetivo del documento es establecer los vínculos entre las condiciones que causan los conflictos armados y las que suscitan la violencia en posconflicto. Se relata la insuficiencia en los acuerdos de paz y las resoluciones políticas en el periodo de posconflicto, dando como resultado la formación de bandas juveniles dedicadas al crimen y la violencia. Es necesario analizar el fenómeno de migración que trae consigo más violencia social. El documento concluye que si se logran acciones con los organismos internacionales es muy probable prevenir la formación de grupos violentos juveniles en Centroamérica. A través de la ayuda internacional y la integración regional, se puede lograr un proceso de unión de cada Estado para el fortalecimiento de la sociedad civil. Cabe resaltar la importancia de la generación de empleo para los desplazados, deportados, nuevos habitantes, por fenómenos migratorios, además de evitar el tráfico de mujeres y menores de edad utilizados en la explotación laboral y comercio sexual, mundialmente.

Devia y Colaboradores (2014), realizaron un artículo titulado "Violencia luego de la paz: escenarios de posconflicto en Centroamérica"[36]. El objetivo del documento es mostrar como los casos de El Salvador, Nicaragua y Guatemala finalizaron con el conflicto armado y caracterizar la violencia del posconflicto por los niveles de homicidio, disponibilidad de armas de fuego y la presencia constante de bandas criminales. El artículo muestra que con los procesos de paz realizados en dichos países se finalizó el conflicto armado, pero la violencia se transformó. Se hace evidente la necesidad de la redefinición del estado y su reconstrucción para la reparación de la

inclusión social, desigualdad e inclusión social. La violencia después del conflicto, cada vez toma más fuerza en Colombia, lo que genera nuevos retos para los gobiernos y no deben limitarse a la participación de la Fuerza Pública.

Márquez (2013), publicó un artículo titulado “El papel de la educación en situaciones de posconflicto: estrategias y recomendaciones”[45]. Su objetivo fue analizar las experiencias de posconflicto en: Bosnia y Herzegovina, El Salvador y Sierra Leona, con el fin de extraer algunas enseñanzas útiles para Colombia. Las recomendaciones y conclusiones fueron: la necesidad de la participación de organismos internacionales para las treguas y logro de la paz duradera. Las estrategias empleadas por estos países se dan a corto plazo: lograr estabilidad política y económica; a largo plazo: estrategia a nivel de salud pública y educativa.

Análisis de resultados

Siempre que se habla de un acuerdo de paz, lo que se busca es esencialmente dejar atrás la confrontación armada y construir un escenario más justo para más personas. Sin embargo a pesar de la planeación, y el compromiso que se adquiere, quedan inquietudes sobre la sinceridad, las capacidades y la legitimidad de las partes; así como la oportunidad, los tiempos, los actores y los alcances del proceso, que hacen que estos acuerdos de paz tengan un rumbo incierto [27].

Generalidades del conflicto y posconflicto vivido mundialmente

Irlanda del Norte es un país referente en materia de paz para Colombia, puesto que católicos y protestantes han formado espacios de convivencia, que sirven de ejemplo, y aunque Colombia es un país que goza de cierta homogeneidad puesto que su mayoría de habitantes son católicos, conservadores y mestizos a diferencia de Irlanda del Norte en donde el enfrentamiento tuvo lugar por causas étnicas, pero han sabido lograr una transformación positiva para la sociedad, durante su largo proceso

de paz. El conflicto de Irlanda del Norte, se extendió a la República de Irlanda y el Reino Unido, en una guerra no declarada y las pérdidas humanas fueron grandes tanto de civiles como de las Fuerzas Armadas Británicas. Esto también lo hace similar al conflicto colombiano, el cual se ha extendido a lo largo y ancho del país y entre sus víctimas se encuentran militares y civiles, que entristecen a la nación. En la necesidad de reparar a sus víctimas Irlanda del Norte conformó las Comisiones de la Verdad y aunque en la actualidad existen inconformidades por la falta veracidad en los procesos de esclarecimiento de actos violentos, están trabajando porque cada uno de los hechos sea resuelto. Colombia en la actualidad creó la Comisión de la Verdad y La Unidad de Búsqueda de personas desaparecidas en el conflicto armado, pertenecientes al Sistema Integral de Verdad, Justicia, Reparación y No Repetición, para responder a las violaciones de los derechos humanos durante el conflicto y debe seguir el ejemplo de Irlanda de Norte, de mantener este organismo hasta esclarecer cada uno de los hechos que se encuentran sin resolver.

El Salvador, país centroamericano, tuvo que lidiar por más de veinte años con una guerra civil a causa de la desigualdad social y la depresión económica por los enfrentamientos entre las Fuerzas Armadas del Salvador (FAES) y las fuerzas insurgentes del Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN) además de grupos paramilitares de extrema derecha conocidos como escuadrones de la muerte. Logran firmar el acuerdo de paz para el año de 1992 en colaboración con la ONU, como mediador del conflicto y consiguieron los diálogos con el objetivo de dar punto final a la guerra; similitudes se encuentran con el pueblo colombiano que también presenta una guerra asimétrica que cuenta como sus principales protagonistas al Estado, las Fuerzas Armadas de Colombia, grupos de extrema izquierda tales como Ejército de Liberación Nacional (ELN), Ejército Popular de Liberación (EPL), el Movimiento 19 de Abril (M-19), Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) y grupos paramilitares. Se observan ambos países pertenecientes al continente americano marcados por la desigualdad social, la violencia, el narcotráfico, el

terrorismo, los conflictos militares, la formación de guerrillas, grupos paramilitares y delincuenciales. Por lo tanto, Colombia tiene grandes razones para apoyarse en el conflicto salvadoreño que se democratizó, gracias a la intervención de organismos internacionales, generaron cambios constitucionales a favor de la ciudadanía y crearon nuevas instituciones como la Policía Nacional del Salvador, para asegurar el adecuado funcionamiento de los sectores político, económico y social de dicho país, pese a que el conflicto ha dejado secuelas de resentimiento y persistencia de grupos al margen de la ley. Colombia al igual que el pueblo salvadoreño debe continuar permitiendo la intervención de Organismos Internacionales tales como la ONU, para que los acuerdos de paz se mantengan, realizar mejoras a nivel de las Fuerzas Armadas para garantizar la tranquilidad, el orden y la seguridad de la nación.

Guatemala país perteneciente al continente americano como Colombia, ha sido protagonista de una larga guerra marcada por la violencia política vivida en sus gobiernos caracterizados por las dictaduras, que han traído como consecuencia golpes de Estado y en la población civil la pobreza, el analfabetismo, la guerra de etnias y violación a los derechos humanos especialmente de los pueblos indígenas. El conflicto de dicho país llega a su fin en el año de 1996 con el acuerdo de paz, realizado por el Gobierno y la Unidad Revolucionaria Nacional de Guatemala, dejando a su paso pérdidas humanas de importancia, desaparecidos en gran escala, fenómenos de desplazamiento y aumento de los niveles de pobreza, porque no ha logrado un desarrollo económico sostenible. Se observa que Colombia ha sufrido estas mismas situaciones por causa del conflicto, pero cabe resaltar, el fortalecimiento de la sociedad civil, principalmente la población indígena guatemalteca; lo cual es un ejemplo para Colombia que también cuenta con población indígena en todo el territorio nacional y ha sido víctima de la guerra. Guatemala fortaleció las funciones del ejército, realizó reformas constitucionales y entregó tierras a su población vulnerable.

Nicaragua enfrentó un proceso marcado por las dictaduras en su gobierno a lo largo de los años, que

lo llevaron a vivir fenómenos de desigualdad social, violación a los derechos humanos de civiles y corrupción, todo esto trajo como consecuencia la formación de grupos revolucionarios como el llamado Frente Sandinista de Liberación Nacional (FSLN), grupo de inclinación marxista y con los años la formación del grupo autodenominado Resistencia Nicaragüense o Contra (Contrarrevolución) que tuvo el apoyo de los Estados Unidos y se vio marcado por escándalos relacionados con el tráfico de armas y violación a los derechos humanos. Gracias a los acuerdos y firma de paz se llega al fin del conflicto. Tanto Colombia como Nicaragua tienen problemáticas tales como el desplazamiento civil, el cual Nicaragua ha superado con la entrega de tierras para la reintegración social de excombatientes y víctimas del conflicto, Colombia debe seguir asumiendo este mismo rol para el avance de la sociedad y la generación de cambios para la población más vulnerable. Tras fuertes guerras Nicaragua ha logrado la transformación militar para dar paso a gobiernos democráticos que tienen como objetivos mantener la paz y la seguridad del país. Nicaragua, es un ejemplo clave a seguir para Colombia con planes estratégicos con el objetivo del fortalecimiento y obligaciones de las Fuerzas Armadas.

El caso de *Indonesia*, para la región de Aceh, está marcado por los conflictos étnicos y represiones sociales, que llevaron a la conformación del grupo GAM o también conocido como el Frente de Liberación Nacional de Aceh Sumatra, movimiento separatista, que dejó sus actividades con el acuerdo de paz en el año 2005. La mayor razón para llegar a la paz fue el devastador tsunami, llama la atención como un desastre natural de grandes magnitudes hace llegar a la solución de un conflicto, el cese al fuego y la necesidad de paz para la población. Aceh es una región que sirve de base para Colombia y en general para el mundo entero, puesto que la desgracia de su pueblo hizo que llegara a puntos clave para su reorganización, no se necesita que se presente un desastre natural de grandes magnitudes para que se tome conciencia de que se requiere un cambio drástico que genere un ambiente de tolerancia y respeto en las naciones. En Colombia se debe hacer -al igual que lo hizo Aceh-, un manejo adecuado de los recursos, con reestructuraciones de organismos

nacionales y empresas, continuar con procesos de entrega de tierras a excombatientes y el perdón para todas las partes implicadas en el conflicto.

Se hace necesario observar el panorama mundial, pues a lo largo de la historia todos los continentes han estado marcados por los conflictos que llevaron a la formación de guerras, que han dejado un número de víctimas humanas considerables. Como es el caso de *Sierra Leona*, país ubicado en África Occidente, nación marcada por la pobreza, el secuestro, la torturas, las violaciones, los homicidios, daños a la infancia y la explotación sexual, fenómenos conocidos y vividos por el pueblo colombiano. El conflicto en Sierra Leona inicia con la rebelión organizada por el Frente Revolucionario Unido (RUF) y el Frente Patriótico Nacional de Liberia (NPFL), guerra desarrollada alrededor de la explotación de diamantes y adquisición de armamento, haciendo un comparativo con Colombia que el conflicto ha estado marcado por el negocio de las drogas ilícitas y la adquisición de armamento por parte de las organizaciones al margen de la ley. El país africano da fin a la guerra con el apoyo de organismos internacionales, resurge de las cenizas y logra una recuperación de la economía y en la actualidad trata de no decaer, además del fomento a la educación y la salud. Colombia dentro de sus planes al igual que Sierra Leona, tiene estos dos *ítems* como pieza clave para el avance de la sociedad y la necesidad de reformas políticas. En todo país que ha pasado por situaciones de conflicto y posconflicto existe el temor de caer nuevamente en la guerra por tal motivo el apoyo de los organismos internacionales, nacionales y las Fuerzas Armadas, es necesario para el avance de la sociedad.

Conclusiones

Como resultado de esta reflexión, es posible concluir que los procesos de conflicto y posconflicto no son situaciones nuevas para Colombia ni el mundo entero, se observa que se han llegado a acuerdos, diálogos y firmas de procesos de paz, por parte de los gobiernos estudiados de Irlanda del Norte, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Indonesia, Sierra Leona y Colombia con los grupos al margen de la

ley de las diferentes naciones, gracias al apoyo y mediación de los organismos internacionales o por situaciones que los han obligado a llegar al cese al fuego, al desarme, a la desmovilización y hacer que excombatientes se reintegren a la vida civil. Por lo tanto se instauran nuevas estrategias, programas y proyectos para las víctimas y excombatientes del conflicto, ejemplo de ello son las Comisiones de la Verdad y Reparación, reformas constitucionales, políticas, económicas y sociales, reconocimiento de víctimas, para resarcir a los más vulnerables. Aunque los procesos de paz y su situación de posconflicto son únicos y diferentes para cada nación, es importante que a la hora de iniciar acciones reconciliadoras no existan otros intereses por encima de la necesidad de encontrar la paz y luchar por mantenerla, buscando alternativas que lleven a mejorar las condiciones de un país.

Por otro lado, al comparar los análisis realizados a países latinoamericanos como: El Salvador, Guatemala y Nicaragua con el caso colombiano, se observa que todos dejan enseñanzas para Colombia puesto que comparten similitudes geográficas, de idioma e ideologías y han sufrido los estragos de la guerra, que ha dejado a su paso pobreza, delincuencia y la persistencia de grupos insurgentes; que los han obligado a tomar medidas para mejorar la disponibilidad económica, aumentar la seguridad, mejorar en los campos de la salud y la educación, para proporcionar a la comunidad confianza y respaldo en sus gobiernos. Cabe resaltar que el proceso de paz de Nicaragua, incluyendo su posconflicto; reafirman la probada tendencia de que la firma de un acuerdo no implica la conclusión de la guerra, sino el punto de partida para reacomodar la institucionalidad de un país, y empezar la reconstrucción material y moral de todas las secuelas originadas en el conflicto armado.

Después de haber estudiado los conflictos tanto de países latinoamericanos como de otros países, como es el caso de Irlanda del Norte, Indonesia y Sierra Leona, se puede observar que las causas para el desarrollo de los conflictos son la debilidad de los Estados, la posesión indebida de tierras y

recursos naturales, las diferencias sociales y económicas, las persecuciones políticas y las violaciones a los derechos humanos de la población civil. Se puede concluir que no basta con firmar un documento de paz, sino que es necesario implementar acciones y hacer cumplir la palabra empeñada, si de verdad se quieren prevenir nuevos brotes de violencia y enfatizar que no se deben abandonar los acuerdos; la planeación que se diseñe, se debe ejecutar hasta cumplir con lo pactado, porque al menor descuido pueden resultar otros problemas con consecuencias aún mayores a las que deja el conflicto armado. Un ejemplo de ello es el caso de Indonesia, que tras la realización de acuerdos de paz se fracasaba y se reactivaba el conflicto o el caso de El Salvador, que vivió golpes de estado que no resolvían el conflicto.

El fin de la guerra no quiere decir el fin a todos los problemas de una región. Esto lo que representa, es la oportunidad para construir un país mejor, que puede lograrse mediante la institucionalización, reapertura del comercio, reconstrucción de la infraestructura, la educación y la seguridad nacional. Todos estos factores necesitan de recursos económicos y el esfuerzo del Estado, los organismos internacionales, las instituciones nacionales, las empresas, las fuerzas armadas y la población civil.

Los acuerdos de paz pueden ser vistos como las oportunidades para que las naciones orienten la ayuda a excombatientes y víctimas de conflicto, principalmente la infancia y las mujeres cabeza de hogar, que en ningún momento deben quedar desprotegidos y les urge que se reconozca su condición humana y sus expectativas.

El desafío esencial para una sociedad en posconflicto son las comunicaciones y la tecnología, que se logre llegar a cada individuo con la información pertinente de la situación del país, y que cada persona asuma su papel en creación y formación de paz, entendiendo que su logro se da con cada uno de los miembros de la sociedad, y que el ser indiferentes es el primer paso para su fracaso y el de la sociedad. Cada movimiento, pensamiento y acto

realizado por cualquier persona puede contribuir a ratificar el compromiso con la paz de la nación y de la construcción de un país en el cual todos puedan y quieran vivir.

Recomendaciones

Debido al conflicto y posconflicto que se ha vivido a nivel global desde la Segunda Guerra Mundial, han quedado aprendizajes y lecciones de vida, como consecuencia de los éxitos y las derrotas experimentados durante estos procesos. Desde ellos, es posible hacer una serie de recomendaciones para el caso colombiano:

Todo conflicto, tiene que resolverse mediante acuerdos y diálogos que lleven a la consecución de la firma de paz y se deben tomar como oportunidades para solucionar las situaciones que se van a presentar durante el posconflicto, pues toda guerra es como una enfermedad que deja secuelas y cicatrices que si no tienen el adecuado tratamiento pueden volver a surgir. Las secuelas en este caso son los fenómenos de pobreza, delincuencia, corrupción, desigualdad y atraso económico y social, por lo tanto Colombia debe seguir el ejemplo de países como el Salvador, Nicaragua y Sierra Leona que se apoyaron fuertemente en organismos internacionales como la ONU para la mediación de los conflictos y retornar a la democracia, con el apoyo de reformas políticas y constitucionales.

Cuando un país firma la paz, genera grandes esperanzas; se piensa que es el fin del conflicto y que trae consigo el regreso de la justicia y la reparación para las víctimas. Pero no es tan fácil como se pretende; ejemplo de ello es el caso de Irlanda del Norte, que ha entregado sus mayores esfuerzos por esclarecer los hechos generando las Comisiones de la Verdad y aunque parte de la población continua inconforme, siguen trabajando para que las víctimas del conflicto puedan ser reparadas económica y socialmente. Colombia debe trabajar porque se generen espacios de perdón, reconciliación y esclarecimiento de los hechos violentos durante el conflicto, puesto que ya cuenta con su propia Comisión de la Verdad.

En lo que respecta a la población civil, estos deben entender que los procesos de posconflicto suceden durante largos años, que requiere de grandes reformas del Estado y cambios de comportamiento en los individuos. Casos como el de Irlanda del Norte en donde el conflicto surgió por las diferencias entre católicos y protestantes, o el caso de Guatemala con grandes abusos hacia la población indígena, demuestran que lograron limar sus diferencias y obtener espacios de convivencia donde se respeten las diferencias. Colombia es un país que tiene grupos indígenas que también han sido víctimas de la violencia del conflicto y también necesita generar más espacios de buenas costumbres y convivencia para la recuperación y honra de las tradiciones ancestrales del pueblo indígena colombiano.

Los déficits en los sistemas educativos y de salud son consecuencia de la guerra, que concentra todos sus esfuerzos en las armas y estrategias militares, dejando a un lado estos aspectos que salen a flote durante el posconflicto, por lo tanto es necesario observar el caso de Sierra Leona, país africano, que descuidó los aspectos más importantes de una sociedad, que utilizó a sus niños

en la guerra y fueron víctimas de la explotación sexual, este fenómeno se observa en Colombia donde los grupos al margen de la ley reclutan menores para formarlos como soldados o explotarlos sexualmente. Por esto se deben enfocar en planes y estrategias para el fomento de la salud física y mental y en la educación como lo hizo Sierra Leona, que trabaja cada día por la recuperación de esta parte de su población.

Otro aspecto importante es que la paz no es solo para los ex combatientes y víctimas del conflicto, sino que es una paz para todos los colombianos. Por lo tanto es necesario el compromiso de todas las entidades y empresas en la generación de empleos y oportunidades, como lo hicieron otros países de los diferentes continentes, que tras años de gobiernos basados en dictaduras como es el caso de Guatemala y Nicaragua, tuvieron que replantear sus gobiernos, para salir a flote de la situación y generar igualdad y democracia para sus Naciones.

Referencias

- [1] B. H. & R. A. Wilson; Revista, «Symbolic closure through memory, reparation and revenge in post-conflict societies,» *Journal of Human Rights*, Vol. 1, No. 1, 03 2002.
- [2] J. D. M. Visbal, «Del conflicto al posconflicto en el contexto colombiano,» *Revista de la Universidad de la Salle* 63., 2014.
- [3] N. Vesga, «Grupo de Trabajo sobre el Post Conflicto.,» *Fundación Ideas para la Paz – Universidad de los Andes*, Abr 2002.
- [4] J. S. Vanegas, «EPL: desde la “desmovilización” a la actualidad,» 2012. [En línea]. Available: http://observatoriodih.org/_pdf/epl.pdf.
- [5] Semana, «Revista Semana.,» 03 11 2015. [En línea]. Available: <http://www.semana.com/nacion/articulo/dialogos-de-paz-el-informe-que-demuestra-la-caida-en-los-operativos-militares/420716-3>.
- [6] M. Sbarbi Osuna, «Indonesia-Aceh: El conflicto armado que resolvió el tsunami,» 2005. [En línea].
- [7] *Revista de seguridad Pública* Nº XX, «Los conflictos de América Central,» *Revista de seguridad Pública* Nº XX, p. 13, 1999.
- [8] P. Requena del Río, "Aceh, El Triunfo sobre la guerra y la devastación", 2011.
- [9] C. Ramos, R. Córdova y N. Loya, *Construyendo la democracia en sociedades posconflicto. Un enfoque comparado entre Guatemala y el Salvador*, 2007.
- [10] A. Quintero, «Universidad de Antioquia,» 04 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/bibliotecaAlmaMater/secciones/internacional/2013/0243864396A8FFC2E05018C-83D1F3894>.
- [11] M. Prandi y J. Lozano, *La RSE en conceptos de conflicto y postconflicto: de la gestión de riesgo a la creación de valor.*, Escuela de Cultura de Pau (AUB) Instituto de innovación Social (ESADE), 2010.
- [12] W. Paniagua., «Guatemala se resiste a olvidar: Iniciativas de memoria en el post conflicto,» *Impunity Watch.*, 2012.
- [13] A. H. Orrego, «Historia1Imagen,» 5 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://historia1imagen.cl/2013/04/05/la-guerra-fria-el-fin-de-la-guerra-fria-y-el-surgimiento-de-un-nuevo-orden/>.
- [14] F. Mosquera y J. L. Sarmiento, «Conflicto y postconflicto y experiencias en educación para la paz en centro América,» Bogotá, 2015.
- [15] P. Monsanto , «Surgimiento del conflicto armado,» *Revista Albedrio.org*, p. 6, 2009.
- [16] A. Molano, *Entre transición y restauración: desafíos para la sociedad colombiana en el posconflicto.*, A. Molano Rojas , Ed., Bogotá, 2014, p. 7.
- [17] J. McDermott, «FARC, paz y posible criminalización,» 20 Mayo 2013. [En línea]. Available: http://es.insightcrime.org/images/PDFs/FARC_paz_posible_criminalizacion.
- [18] F. Manrique, «El post conflicto de El Salvador: ¿ una lección para Colombia?,» *Blog de FM El Ciudadano Global*, 8 Junio 2013.
- [19] R. B. Manaut, «Revista CIBOD d'AFERS,» 1995. [En línea]. Available: www.cidob.org/es/content/download/31474/482072/file/28benitez.pdf.
- [20] É. Lair, «Estado del arte, El conflicto en Irlanda del Norte,» 2009. [En línea]. Available: http://www.urosario.edu.co/cpg-ri/Investigacion-CEPI/documentos/papers/Documento_32/.
- [21] O. J. Keith Krause, «Paz, Seguridad y Desarrollo en Ambientes de Posconflicto / Peace, Security and Development in Post-Conflict

- Environments,» Security Dialogue vol. 36, no. 4, Diciembre 2005.
- [22] J. E. U. Jimmy Graziani Mora, «Instituto de Estudios Geoestratégicos y Asuntos Políticos,» 01 2014. [En línea]. Available: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13495/2/Una%20muestra%20de%20experiencias%20de%20posconflicto.%20Los%20retos%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20la%20paz.pdf>.
- [23] A. Infante, «El papel de la educación en situaciones de posconflicto: estrategias y recomendaciones.,» Universidad Santo Tomás., 01 Octubre 2013.
- [24] A. C. J. Ibarra, «Desarme en procesos de paz: análisis preliminar del caso colombiano,» 2015. [En línea]. Available: http://www.urosario.edu.co/ODA/Archivos/doc_investigacion/Desarme-en-proceso-de-paz-Catalina-Joya/.
- [25] G. G. Hurtado, Interview, El posconflicto en Colombia. [Entrevista]. 14 Noviembre 2014.
- [26] K. Høglund, «Universidad de Uppsala, Departamento de la Paz y los Conflictos de la Investigación. Uppsala, Suecia.,» 2004. [En línea]. Available: http://www.pcr.uu.se/about/staff/hoglund_k/.
- [27] K. Herbolzheimer, «La paz: objetivo claro con rumbo incierto,» Conciliation Resources , 2012.
- [28] W. Gonzalo, «Una mirada a la violencia juvenil en Centroamérica / Hacia la construcción de lecciones del posconflicto en América Latina y el Caribe.,» Publicación de las Naciones Unidas, 2005.
- [29] C. Global, «El post conflicto de El Salvador: ¿una lección para Colombia?,» Blog de FM El Ciudadano Global, 8 Junio 2013.
- [30] J. Gil, «Lecciones de paz en Aceh: descentralización administrativa y libertad política como estrategia de pacificación en Aceh,» ICIP Working Papers, 2009.
- [31] J. D. Garzón, A. D. P. Parra y A. S. Pineda, Posconflicto en Colombia: cordenadas para la paz., Bogotá, 2003.
- [32] J. D. Garzón, A. D. P. Parra y A. S. Pineda, El Posconflicto en Colombia: cordenadas para la paz. (Tesis de pregado). Universidad Jeveriana., Bogotá, 2003.
- [33] R. Garranzo., «La reconstrucción de las sociedades post-conflicto.,» Revista de pensamiento iberoamericano., 2006.
- [34] P. V. García, «Poderes Regionales y Globales en un Mundo Cambiante.,» Julio 2014. [En línea]. Available: <http://web.isanet.org/Web/Conferences/FLACSO-ISA%20BuenosAires%202014/Archive/6ce04630-f865-4f27-9746-2e6bbc953154.pdf>.
- [35] A. N. Duarte, «Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario» 2009. [En línea]. Available: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/1479/1018412214.pdf?sequence=1>.
- [36] O. A. D. A. M. M. J. Devia Garzón Camilo Andrés, «Violencia luego de la paz: escenarios de posconflicto en Centroamérica» Revista Republicana Núm. 17, pp. 119-148, Diciembre 2014.
- [37] A. R. Daniel Matul, «Gloobal,» Junio. 2009. [En línea]. Available: <http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?id=9581&entidad=Textos&html=1>.
- [38] N. Cooren., «el posconflicto imperfecto y las nuevas amenazas para la paz,» Venees., Noviembre. 2007.
- [39] W. O. Castro, «Universidad Militar Nueva Granada,» 2012. [En línea]. Available: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/9202/2/OspinaCastroWilliam2012.pdf>.
- [40] D. A. O. A. M. J. M. M. Camilo Devia, «Revista Republicana.,» Julio a Diciembre. 2014. [En línea]. Available: <http://revista.urepublicana.edu.co/wp-content/uploads/2015/02/Violencia-luego-de-la-paz-escenarios-de-posconflicto-en-Centro-.pdf>.
- [41] M. Benitez, «Guerra y posconflicto en Guatemala: búsqueda de justicia antes y despues de los acuerdos de paz,» p. 5, 2016.
- [42] M. C. Bello, «Posconflicto en Colombia.,» Criminalidad P o l i c i a N a c i o n a l D I J I N., p. 177, Junio 2009.
- [43] D. Azpuru, L. Blanco, C. G. Ramos, A. Zapata, R. Córdova y N. Loya, «Contribución del proceso de paz a la construcción de la democracia en Guatemala» Asociación de Investigación y Estudios Sociales (ASIES) y Fundación Dr. Guillermo Manuel Ungo., 2007.
- [44] Z. M. R. C. Aurymayerly Acevedo Suárez, «Generalidades del conflicto / los procesos de paz y el posconflicto,» De la Facultad de Derecho y ciencias políticas - UPB vol. 46/ Nº 124/ pp 33-45 , 06 2016.
- [45] I. M. Armando, «El papel de la educación en situaciones de posconflicto: estrategias y recomendaciones,» Universidad Santo Tomás, Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica, 2013.
- [46] G. M. Agudelo, «Desmovilización y reincidencia en el posconflicto la reciente experiencia colombiana» 2016. [En línea]. Available: <http://repository.unimilitar.edu.co/jspui/bitstream/10654/14361/1/MarinAgudeloGerman2016.pdf>.
- [47] J. E. Agarriza, «La dimensión política del posconflicto: discusiones conceptuales y avances empíricos.,» Colombia Internacional, Revista del departamento de ciencia política: facultad de ciencias sociales Universidad de Los Andes., pp. 4,141-176, 2013.
- [48] J. Galtung, «After violence, reconstruction, reconciliation, and resolution: Coping with visible and invisible effects» In: Reconciliation, justice, and coexistence: Theory and practice, ed. Mohammed Abu-Nimeer, 3-23. Lanham, Maryland: Lexington Books.
- [49] Call, Charles T. y Elizabeth M. Cousens, «Poner fin a las guerras y construir la paz: respuestas internacionales a las sociedades devastadas por la guerra» *International Studies Perspectives*, , pp. 1-21, 2008.
- [50] Belotti, I., «Grupos Vulnerables: Mujeres y Niños en Sierra Leona. GEIC (Grupos de estudios internacionales contemporáneos)». <http://www.amnesty.org>, (2002). 2010.
- [51] Marchuk, I. «Confronting Blood Diamonds in Sierra Leone: The Trial of Charles Taylor». 2009.

Management and Strategy

Ricardo Esquivel Triana
Escuela Superior de Guerra

Air Force and Conflict in the Colombian Caribbean, 1980-2010

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 122-139

Citación: Esquivel, R. (2019). Fuerza Aérea y conflicto en el Caribe colombiano, 1980-2010. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 122-139.

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.637>

Ricardo Esquivel Triana

Catedrático de la Maestría en Estrategia y Geopolítica – Escuela Superior de Guerra, Ph.D. en Historia.
resquivelt@unal.edu.co

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000460893

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5565-7489>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.637>

* Reflection article based on the following project: “FAC History 1985-2015”, research group “In-context Analysis” – Colombian Airforce (Directorate of context and post conflict analysis –DICOP).

Abstract

This article describes the context of armed conflict in the Colombian Caribbean that affected the operations of the Air Force from 1980 to 2000. Aside from the geographical variety of the region, the article avoids describing the complex challenge facing the Air Force when it comes to ensuring sovereignty in a region where international, national, armed conflict-related and crime-related factors intersect. Taking into account the lasting nature of armed conflict in Colombia and the historical period in question, this study adopts a methodological approach rooted in the country's recent history. There are several reasons for this: first, the effects of what happened are still unknown, and second, it allows us to participate in the socio-political debate about the

memory of the conflict. The article describes three processes: first, when armed groups and illegal paramilitary self-defense groups took over using exactions; second, the link between strategic change of direction in the military—for example, with the Air Force using its Black Hawks—and the dynamics in several areas of the Caribbean. The third process establishes some milestones that would lead to the weakening of illegal groups and paramilitary self-defense groups.

Key Words:

Armed Conflicts, Colombian Caribbean, Military History.

Gestão e Estratégia

Ricardo Esquivel Triana
Escuela Superior de Guerra

Força Aérea e conflito no Caribe colombiano, 1980-2010 *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 122-139

Citación: Esquivel, R. (2019). Fuerza Aérea y conflicto en el Caribe colombiano, 1980-2010. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 122-139.

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.637>

Ricardo Esquivel Triana

Catedrático de la Maestría en Estrategia y Geopolítica – Escuela Superior de Guerra, Ph.D. en Historia.
resquivelt@unal.edu.co

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000460893

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5565-7489>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.637>

* Artículo de reflexión, derivado del proyecto: "Historia FAC 1985-2015", Grupo de pesquisa "Análise em Contexto" – Força Aérea Colombiana (Direção de Análise de Contexto e Pós-conflito -DICOP)..

Resumo

Este artigo descreve o contexto do conflito armado no Caribe colombiano que incidiu nas operações da Força Aérea entre as décadas de 1980 a 2000. Além da variedade geográfica da região, tem-se evitado descrever a complexidade do desafio para que a Força Aérea garanta a soberania em uma região onde fatores internacionais, nacionais, conflitos armados e crimes se cruzam. Dada a persistência do conflito armado na Colômbia e o mesmo período a ser considerado, assume-se uma abordagem metodológica enquadrada na história imediata. Isto porque ainda se desconhecem todos os efeitos do sucedido e também porque permite participar do

debate sociopolítico sobre a memória do conflito. O artigo descreve três processos, o primeiro quando os grupos armados e as autodefesas ilegais ganharam a iniciativa com suas exações. O segundo referia-se à relação entre a virada estratégica militar, por exemplo, a Força Aérea com os Black Hawks, e a dinâmica em várias áreas do Caribe. O terceiro processo estabelece alguns marcos que levariam ao enfraquecimento dos grupos e autodefesas ilegais

Palavras-chave:

Caribe-Colômbia, conflito armado, história militar.

Gestión y Estrategia

Ricardo Esquivel Triana
Escuela Superior de Guerra

Fuerza Aérea y conflicto en el Caribe colombiano 1980-2010

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 122-139

Citación: Esquivel, R. (2019). Fuerza Aérea y conflicto en el Caribe colombiano, 1980-2010. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 122-139.

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.637>

Ricardo Esquivel Triana

Catedrático de la Maestría en Estrategia y Geopolítica – Escuela Superior de Guerra, Ph.D. en Historia.
resquivelt@unal.edu.co

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000460893

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5565-7489>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.637>

* Artículo de reflexión, derivado del proyecto: "Historia FAC 1985-2015", Grupo de investigación 'Análisis en Contexto' – Fuerza Aérea Colombiana (Dirección de Análisis de Contexto y Posconflicto –DICOP).

Resumen

Este artículo describe el contexto del conflicto armado en el Caribe colombiano que incidió en las operaciones de la Fuerza Aérea entre las décadas de 1980 a 2000. Aparte de la variedad geográfica de la región se ha soslayado describir lo complejo del desafío para que la Fuerza Aérea garantice la soberanía en una región donde se intersectan factores internacionales, nacionales, el conflicto armado y la criminalidad. Dada la persistencia del conflicto armado en Colombia y el mismo período a considerar se asume un enfoque metodológico enmarcado en la historia inmediata. Ello además porque todavía se desconocen todos los efectos de lo acontecido y también porque permite participar en el debate socio-político sobre la memoria del conflicto. El

artículo describe tres procesos, el primero cuando los grupos armados y las autodefensas ilegales ganaron la iniciativa con sus exacciones. El segundo referido al nexo entre el vuelco estratégico militar, por ejemplo la Fuerza Aérea con los Black Hawk, y las dinámicas en varias zonas del Caribe. El tercer proceso establece algunos hitos que conducirían al debilitamiento de los grupos y autodefensas ilegales.

Palabras clave:

Caribe-Colombia, conflicto armado, historia militar.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019

Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introducción¹

De las décadas de 1980 a la del 2000 inclusive, hubo un gran vuelco en el modo de operar las Fuerzas Militares en Colombia (Valencia, 1998). En particular, desde 1998, la Fuerza Aérea Colombiana-FAC cumplió operaciones que fueron decisivas para el final del conflicto armado interno. Entre estas: Vuelo de Ángel (1998), Delta (2002), las del Plan Patriota (2003) y sobre todo, desde 2007, las operaciones con las que se neutralizó a los principales cabecillas de los grupos armados ilegales. Mientras que en las décadas de 1980 y 1990 no hubo operaciones tan publicitadas, ni con la frecuencia de la década posterior, excepto en diciembre de 1990 la 'Operación Centauro' en La Uribe (Meta).² Pareciera que entonces predominaron las operaciones de tipo reactivo y más con carácter humanitario: terremoto en Popayán (Cauca, marzo 1983); desastre en Armero (Tolima; noviembre 1985); desastre del río Páez (Cauca; junio 1994); terremoto en Eje cafetero (enero 1999).

En ese lapso de treinta años, con relación a las operaciones de la Fuerza Aérea, la región menos referenciada es la del Caribe colombiano. Incluso los

¹ Artículo de reflexión, proyecto "Historia FAC 1985-2015", Grupo de investigación 'Análisis en Contexto' - Fuerza Aérea Colombiana (Dirección de Análisis de Contexto y Posconflicto -DICOP).

² Para el proyecto "Historia FAC 1985-2015" mencionado se han publicado los artículos:

- Esquivel, R. (2016, Ene-Junio). La Fuerza Aérea Colombiana y el cese del conflicto armado (1998-2015). Revista científica General José María Córdova, 14 (17), pp. 377-401. <http://www.scielo.org.co/pdf/recig/v14n17/v14n17a14.pdf>

- Esquivel, R. (2017, Junio) Transformación del poder aéreo y conflicto armado en Colombia, 1985-1998. Boletín de Historia y Antigüedades, 104 (864), pp. 161-188; y los reunidos en sucesivas ediciones de la compilación

- La Fuerza Aérea Colombiana y el término del conflicto armado: Victorias desde el aire. Bogotá: FAC, 1ª. ed. En: <https://www.fac.mil.co/sites/default/files/la-fuerza-aerea-colombiana-y-el-termino-del-conflicto-armado-victorias-desde-el-aire-e-book.pdf>

análisis sobre el conflicto en esta región o visualizan solo una porción de la región, o no conocen la misión de esa fuerza militar. Es un vacío que comparten, entre otros análisis regionales, Aparicio (2015), Almario et al. (2004), González (2014), Henao et al. (2015), Herrera (2009), Medina (2011), Observatorio Presidencial (2001-2009), Romero (2015), Sánchez et al. (2010) y Trejos (2015, 2016). Un vacío que, sobre la evolución del conflicto en treinta años de historia reciente, minimiza una región que comprende cerca del 11% del territorio continental de Colombia y el 21% de su población.

No obstante, una visión ecuaníme de la región Caribe de Colombia debería incluir la porción continental definida por una geografía compleja, y, de otra parte, el área marítima al norte. La porción continental suma 132.288 km², fragmentada en siete departamentos. La porción marítima comprende unos 536.574 km², más 70 km² del archipiélago de San Andrés Islas. La geografía compleja se define por zonas tan variadas como: el litoral Caribe; la desértica de la Guajira; la montañosa de la Sierra Nevada de Santa Marta; el Bajo Magdalena y la depresión Momposina, que incluye a los departamentos de Bolívar, Córdoba, Magdalena y Sucre.

De hecho la visión del conflicto en el Caribe se ha definido sobre dos tipos de zonas, la primera donde Montes de María, el sur de Córdoba y la Sierra Nevada de Santa Marta han sido foco de las exacciones de los grupos armados y las autodefensas ilegales. El otro tipo de zona son los corredores viales, uno aparentemente apacible conecta a Santa Marta, Barranquilla y Cartagena donde coincidían las exacciones de los grupos ilegales con la delincuencia común. Esto se asocia a la ubicación de la región como frontera marítima sobre el Caribe, con varios puertos importantes del país, frontera terrestre con Venezuela y también con Panamá (Aparicio, 2015a, pp. 32, 34).

Además de tal variedad geográfica, comprende seis parques naturales, cinco santuarios de fauna y flora, cinco ciénagas incluida la Grande de Santa Marta. Desde aquel conjunto Colombia drena el ma-

yor caudal de aguas dulces a la cuenca Caribe suministrado por los ríos Magdalena, Atrato y Sinú, como a través de los ríos Catatumbo y Zulia que nacen en su territorio, e incluso los ríos Guaviare, Meta y Arauca, igual nacidos en Colombia y que desembocan en el Orinoco (Esquivel, 2015). Sin olvidar las características oceanográficas del Mar Caribe, donde a su vez Colombia mantiene límites fronterizos con siete países.

En función de las operaciones de la Fuerza Aérea Colombiana, para garantizar la soberanía en la región Caribe, se hace necesario un análisis más específico considerando las reclamaciones territoriales de estados vecinos, el cruce de rutas marítimas, la explotación de la riqueza y el crimen organizado transnacional. En particular para este artículo, el objetivo es describir el contexto del conflicto en el Caribe colombiano que incidió en las operaciones de la Fuerza Aérea entre las décadas de 1980 a 2000.³

Dada la persistencia del conflicto armado en Colombia y el mismo período a considerar se asume un enfoque metodológico enmarcado en la historia inmediata. Ello además porque todavía se desconoce todos los efectos de lo acontecido y también porque nos permite participar en el debate socio-político sobre la memoria del conflicto (Barros, 2006). En perspectiva de una historia del tiempo presente, otro nombre para el mismo enfoque, se trata de un aporte a la historiografía donde se busca relacionar mejor "rupturas y continuidades" (Sauvage, 1998, p. 64). La continuidad del conflicto y las operaciones de la Fuerza Pública, las rupturas que fijan fases en su interacción como el vuelco en el modo de operar las Fuerzas Militares.

Al efecto el artículo describe tres procesos, el primero cuando los grupos armados y las autodefensas ilegales ganaron la iniciativa frente a las operaciones militares en algunas zonas de la región. El segundo se refiere al nexo entre el vuelco estratégico militar, por ejemplo la Fuerza Aérea con los Black Hawk, y las dinámicas en otras zonas de la región Caribe. Por último, y tercer proceso, se establecen algunos de los hitos que conducirían al debilitamiento de los grupos armados y autodefensas ilegales.

³ Como parte de la investigación sobre el Caribe, a este artículo sigue otro donde se analizan las operaciones 'Alcatraz' y 'Aromo' y que tendrá próxima publicación.

Los grupos ilegales imponen su iniciativa armada

Dadas sus características geográficas, el departamento de Bolívar fue uno de los epicentros del conflicto en la región Caribe. Su forma ahusada es delimitada hacia el oriente por el río Magdalena, al suroccidente por el río Cauca, mientras al sur se levanta la Serranía de San Lucas al norte está la de San Jacinto. Así el sur del departamento está influenciado por la dinámica del Magdalena Medio, con alta concentración de cultivos ilícitos desde 1986, y el norte está permeado por los flujos del contrabando y el narcotráfico hacia el mar Caribe (Observatorio, 2007a, p. 2).

El grupo armado ilegal⁴ ELN incursionó desde 1972 en el sur de Bolívar, municipio de San Pablo, expandiéndose en las siguientes décadas a costa de la extorsión y el secuestro, siendo 1997 el momento de su mayor actividad. El grupo ERP, una fracción de aquel, actuó en el centro de Bolívar, municipio de Carmen de Bolívar, entre 1996 y hasta 2007 cuando se desmovilizó. Por su parte, desde 1998, se manifestó la expansión del grupo ilegal FARC a costa de promover el cultivo y tráfico de coca, pero en una zona más extensa que incluía municipios como Codazzi, La Paz, Pailitas (Cesar), Carmen de Bolívar y Sincelejo (Sucre), hasta Dibulla (Guajira). Además de extenderse hacia el Zulia venezolano, donde algunos de sus miembros se resguardaban.

Mientras en la Serranía de San Lucas, una zona de influencia tradicional de los grupos armados ilegales, sus exacciones se han basado en la economía del oro y la conexión con los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre, Cesar y Santander (Aparicio, 2015b, p. 11). Por esa misma época, entre 1999 y 2001, aquellos grupos vieron disputada su influencia en el sur de Bolívar con el mayor protagonismo de las autodefensas ilegales.⁵

⁴ Los grupos Ejército de Liberación Nacional-ELN; Ejército Revolucionario del Pueblo-ERP; Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia-FARC; Ejército Popular de Liberación-EPL, según el DIH son 'grupo armado organizado ilegal'; en este artículo se aludirá genéricamente a ellos con esta categoría o con los relativos 'grupo armado ilegal' o 'grupo ilegal'. Tampoco se usarán los términos discursivos de aquellos grupos para describir su devenir, pues evitarlos es un deber de responsabilidad social y de imparcialidad informativa según un Manual de Redacción (Mendoza, 2006, pp. 1-29).

⁵ En este artículo se aludirá genéricamente a tales organizaciones con ese relativo: 'autodefensa ilegal'; ello porque la alu-

Tampoco en el departamento de Sucre fueron importantes los cultivos ilícitos, sino algunas zonas que han facilitado su tráfico y la ubicación de los grupos ilegales. Entre estas, la zona de Montes de María (o Serranía de San Jacinto) compartida con Bolívar. A costa de los movimientos de reivindicación de tierras, en la década de 1980, tuvieron presencia varios grupos armados ilegales. Luego de desmovilizarse los más pequeños en 1993, su lugar fue ocupado por los vigentes hasta hoy. Aunque las autodefensas ilegales previamente adquirieron predios, solo después de 1996 se presentaron como organización política y, desde entonces, intensificaron sus exacciones contra la población en la disputa con los grupos armados ilegales (Observatorio, 2007b, p. 4). En suma, los primeros grupos mencionados se resguardaron en las zonas altas de Montes de María mientras las autodefensas lo hicieron en la zona costera (Golfo de Morrosquillo) y en los cascos urbanos.

En la Sierra Nevada, con la intensificación de la delincuencia que dejó la bonanza de la marihuana, ya en 1987 los grupos armados ilegales fungían como autoridad local. Su influencia afectó sobre la vertiente occidental (ej. Ciénaga) a comunidades indígenas Arhuaco, Kogui y Arsario; sobre la vertiente suroriental a comunidades Kogui y Kankuamo. Sobre la misma vertiente suroriental (erg. Valledupar), los grupos ilegales actuaban contra las empresas mineras en la Jagua de Ibirico. Sus exacciones alcanzaban a los municipios que rodean la Sierra, se extendían por la Serranía del Perijá hasta Venezuela, así que entre 1986 y 2000 el 39% de sus ataques se enfocaron sobre la infraestructura regional y solo 18% contra la Fuerza Pública.

En la Sierra Nevada un 35% de acciones de los grupos ilegales fue para responder contactos armados por iniciativa de la Fuerza Pública. No obstante, para 2001, ante la sistematicidad de esos grupos para atacar poblaciones la Policía había abandonado todos sus puestos en la Sierra (Observatorio, 2001, pp. 6-7).

Sobre la vertiente norte de la Sierra (ej. Riohacha), y desde 1981, las autodefensas ilegales habían consolidado el control de los cultivos ilícitos en El Mamey y Palmor (Ciénaga). Desde entonces sostuvieron enfrentamientos con los grupos ilegales que intentaban desalojarlos de allí. Hacia el 2000, con otras

sión 'paramilitar' sería equívoca según el art. 43 del Protocolo de Ginebra (Sánchez, 2012, p. 61).

autodefensas del departamento del Magdalena coincidían en cercar a los grupos ilegales en la Sierra, las serranías de San Lucas y del Perijá, sin evidenciar nexos con las autodefensas ilegales de Córdoba. Para 2005 la influencia de las autodefensas ilegales de Córdoba y Urabá era un hecho en los municipios alrededor de la Sierra y en sus estribaciones, mientras los grupos armados ilegales se refugiaban en las zonas altas (Observatorio, 2005a, p. 12).

En la Guajira las autodefensas ilegales se consolidaron sobre un objetivo económico, no de retaliación, como lo fue en el resto del Caribe. Desde su inicio en la década de 1980 funcionaron en alianza con los narcotraficantes con proyección sobre Venezuela y las islas del Caribe; sucesivamente controlaron la extorsión, el contrabando de gasolina y otros productos, también estimularon los conflictos entre los clanes wayuu. Al mismo tiempo forzaron el desplazamiento masivo de los indígenas hacia los núcleos urbanos del departamento, incluso con homicidios colectivos como los de Bahía Portete en 2004. Este conjunto de fenómenos delictivos persistió pese a la desactivación de las autodefensas en 2006 (Área de Memoria, 2009, cap. 3).

En la década de 1980, el conflicto armado en Córdoba ya atravesaba su segunda fase, la expansión de los grupos armados ilegales y el impacto del narcotráfico. Ubicado entre la costa Caribe y Antioquia, uno de los polos de desarrollo económico del país, los procesos de colonización agraria y la tradición de movimientos campesinos, habían favorecido desde la década de 1960 la presencia sucesiva de grupos armados, autodefensas ilegales y bandas criminales. Así como los indígenas Zenú y Embera, el 10% de la población del departamento, fueron los principales afectados por la dinámica del conflicto. La zona principal de ubicación de los grupos ilegales ha sido el Parque Nacional Nudo de Paramillo, que facilita la comunicación con el Chocó, Urabá, el mar Caribe, Antioquia e incluso el sur de Bolívar (Observatorio, 2009, p. 28).

En el departamento de Córdoba, entre 1985-1991 y 1997-2003, los grupos ilegales mantuvieron la iniciativa armada contra la Fuerza Pública. Estos ciclos se explican por la desactivación del grupo ilegal EPL en 1991; por la confrontación entre los grupos y autodefensas ilegales entre 1997 y 2003, hasta que estas se desactivan en 2003; así como, por la tendencia ofensiva desarrollada desde 2002 por la Fuerza Pública (Observatorio, 2009, p. 70-72).

Sin embargo, la intensidad del conflicto había llevado en 1988 al gobierno Barco a crear la Jefatura Militar en Urabá con el despliegue de blindados Cascabel y helicópteros artillados; en consonancia, en 1989 se inauguró en Montería la primera Brigada Móvil que al año siguiente realizó la 'Operación Rastrillo'.

La confrontación entre los grupos y autodefensas ilegales no era ajena al narcotráfico. Por ello, en 1996, Estados Unidos tuvo excusa para realizar maniobras en la provincia del Darién panameño. Tales maniobras, a su vez, suscitaban un debate en el Senado de Colombia sobre una posible invasión estadounidense en Urabá. Por ello la Fuerza Aérea coordinó la vigilancia sobre la frontera con Panamá desde las bases en Barranquilla y Rionegro, haciendo presencia con aviones A-37B y OV-10. El gobierno también ordenó ubicar una corbeta de la Armada Nacional en el Golfo de Urabá (El Tiempo, 1996, Mayo 24).

Las limitaciones del vuelco estratégico

Para asegurar el espacio geográfico del Caribe inicialmente se creó, en 1977, el Grupo Aéreo del Norte con sede en Barranquilla. Este en 1979 fue elevado a Comando Aéreo de Combate al tiempo que se creó el Grupo Aéreo del Caribe (GACAR) con base en San Andrés. En consonancia, también en 1977, se comenzó a construir la base aérea de Malambo, la cual fue inaugurada en 1982. Por la misma época, allí la dotación de la Fuerza Aérea incluía: aviones estadounidenses Cessna A-37B, de apoyo de combate, y los aviones de instrucción T-37, comprados en 1969; estos dos tipos de aeronave asignados al Comando Aéreo en Barranquilla. En el resto del país se disponía de: los helicópteros UH-1H de apoyo táctico, también adquiridos en 1969 y de los cuales el país alcanzó 77 unidades; los Mirage M-5 franceses, que adquiridos en 1972 fueron sucesivamente modernizados; los primeros K-fir israelíes, se adquirieron en 1988. Tanto los M-5 y los K-fir estaban destinados a interceptación aérea, con base en Palanquero, Comando Aéreo de Combate No. 1 (El Tiempo, 1994, Noviembre 5).

Para una Brigada Móvil el factor primordial es la mayor movilidad aérea. Esto supone plena disposición de helicópteros y aviones de ala fija para apoyo de transporte o de fuego. Pero hasta entonces, todas

las unidades dependían del Comando de Apoyo Aerotáctico No. 1, en Melgar (Tolima). Por ello Colombia adquirió diez helicópteros Black Hawk UH-60, 5 en 1988 y 5 en 1990, que operaría la Fuerza Aérea. Al efecto se estableció en Rionegro (Antioquia) el entonces Comando de Apoyo Aerotáctico No. 2, para ejercer control operacional hacia el norte del país y apoyar las brigadas de la Primera División (Santa Marta), como las operaciones en Magdalena Medio, costa Caribe, Bajo Cauca y Antioquia (El Tiempo, 1996, Noviembre 8; León, 1991).

Si bien un Black Hawk podía viajar entre Rionegro y Punta Gallinas (Guajira) sin necesidad de recargar combustible. Su autonomía de vuelo era de 4 horas, una limitación considerando que no contaban con sistema de abastecimiento en vuelo. Pero tenía otras ventajas: podía volar hasta 18 mil pies de altura, transportar 3 toneladas y capacidad para 20 soldados. Permitía vuelo nocturno, comunicaciones de gran alcance y estaba artillado; pese a su tamaño era silencioso facilitando las operaciones sorpresa. Sin embargo a mediados de 1993, de los diez Black Hawk uno estaba fuera de servicio, tres en reparación y solo operaban seis para apoyo a las Brigadas Móviles (El Tiempo, 1993, Junio 20).

Debe recordarse que los núcleos urbanos del Caribe han sido objeto de disputa por las bandas criminales y los grupos armados que dependen de las economías ilegales (contrabando, narcotráfico y otros tráficos ilegales) que se impulsan desde aquellos núcleos. Sin embargo, para ciudades como Barranquilla se considera marginal el dominio del narcotráfico y de los grupos armados ilegales. El narcotráfico pasó de manifestarse con los guajiros ostentosos, en la década de 1970, luego vino el auge del Cartel de la Costa y, desde 1997, el dominio por los narcotraficantes del norte del Valle. Los grupos ilegales, si acaso, se manifestaron entre 1992 y 1997, pero la aparición de las autodefensas ilegales les condujo a presencia de bajo perfil. Las autodefensas eran tradicionales en el departamento del Magdalena, luego se extendieron al Atlántico (Observatorio, 2005b).

Pero si Barranquilla fue marginal al dominio de grupos ilegales, la acción de estos no estuvo ausente. En diciembre de 1991, miembros de un grupo ilegal intentaron atacar la base de Malambo. Aunque no resultó daño alguno en los equipos de la Fuerza Aérea, si murió uno de los soldados centinelas al repeler a los atacantes. Estos huyeron en un vehículo

lo cargado con varias bombas, el cual estalló cuando fueron ubicados luego en otro lugar de la ciudad (El Tiempo, 1991, Diciembre 30).

También la confluencia entre el sur del Cesar y los dos Santanderes comparte una evolución del conflicto no regulada por las divisiones político administrativas. Como otras zonas descritas en este artículo, comparte una caracterización geográfica donde los focos de rentas económicas (petróleo, palma de aceite, ganadería) dependen del acceso al río Magdalena, la conexión vial entre el Magdalena Medio y el Caribe, así como la conexión con la frontera venezolana. Aunque la zona fue asiento desde la década de 1960 de grupos armados ilegales, la intensidad del conflicto llevó, a comienzos de 1991, a crear la Brigada Móvil No. 2, con puesto de mando en Puerto Berrio (Antioquia). Destinada al sur del Cesar y el Magdalena Medio, además que se le dotó con nueve helicópteros de la Fuerza Aérea extraídos de otras unidades del país, pese a tener toda su dotación de personal y equipos, el mismo año de su creación no disponía de presupuesto para operar (Téllez, 1991, Marzo 24).

Esto demuestra las dificultades que tenían las Fuerzas Militares para operar. Poco después, en 1995, si bien la Fuerza Aérea contaba nueve bases aéreas en todo el país, tres de ellas albergaban los Comandos Aéreos de Combate. De nuestro interés aquí, el de Barranquilla, debía ejercer presencia en el Caribe, realizar misiones de reconocimiento y contra el narcotráfico. Otras bases albergaban los dos Comandos Aéreos de Apoyo Táctico, el que interesa a la región aquí analizada, en Rionegro. Igual, de los dos Grupos Aéreos, compete a la misma región el Grupo Aéreo del Caribe; este para control del espacio marítimo y aéreo en el archipiélago de San Andrés (El Tiempo, 1995, Noviembre 8).

No obstante, en 1995, el Comando Aéreo de Combate en Barranquilla disponía de 12 aviones T-37 y un escuadrón de caza-bombarderos A-37B, con unos 22 aviones. De los T-37, en 1992, se habían recibido en Malambo 8 de estos aviones para instrucción, pero también se trataba de reforzar las misiones de patrullaje dado el incremento del tráfico aéreo ilegal sobre todo en la Alta Guajira (El Tiempo, 1995, Julio 14; 1992, Julio 15). De otra parte las virtudes del A-37B Dragonfly eran indiscutibles, ideales para conflicto interno por ser pequeño, bien camuflado y muy maniobrable; llegaron a Colombia en 1978, en 1984 y en 1989 (Guarín, 2014). Esto no evitaba otras

incidencias del conflicto, como en 1990, cuando se descubrió que sobre tres pistas del municipio de San Pablo, sur de Bolívar, un grupo ilegal sembró “minas explosivas” como parte de un plan para dañar los aviones A-37B que las usaban (El Tiempo, 1990, Noviembre 6).

Pero entonces, su tiempo acumulado de servicio también se reflejó en algunos accidentes: en 1991, un A-37B se estrelló en El Copey (Cesar), muriendo sus dos tripulantes. Había partido de la base de Malambo en misión de reconocimiento sobre infraestructura energética y vial entre Fundación (Magdalena) y Bucaramanga (Santander). En 1994, otro cayó al mar cuando estaba en misión de patrullaje en San Andrés. Luego, en 1996, un A-37B que retornaba de misión de vigilancia en la frontera con Panamá se estrelló al aterrizar en Malambo, muriendo sus dos tripulantes (El Tiempo, 1991, Marzo 1; 1994, Octubre 26; 1996, Junio 29).

Reiterando sobre la zona entre el sur del Cesar y los dos Santanderes, la expansión de los grupos ilegales se dio hasta 1995 cuando la ofensiva de la Fuerza Pública llevó a algunas fracciones a guarecerse en la Serranía del Perijá. El relativo vacío dejado por esos grupos en la zona fue ocupado desde 1996 por las autodefensas ilegales. Estas comenzaron a expandirse en la región, desde Barranbermeja, Santa Rosa y Magangué, sobre sus zonas aledañas. En tal sentido delimitaron un área segmentada del centro del país, para controlar cultivos y rutas del narcotráfico, del contrabando, así como a los gobiernos locales (Trejos, 2015b, p. 102). En el norte de Bolívar, desde 1998 hasta 2002, las autodefensas ilegales ocasionaron los más dramáticos homicidios colectivos en El Salado, Tolúviejo, Chengue, Ovejas y Macayepo (Observatorio, 2007a, pp. 4-5).

Sin embargo el proyecto de las autodefensas ilegales para imponerse en 1998 sobre los grupos armados en la Serranía de San Lucas fracasó ante la mayor habilidad táctica de estos grupos y debido también a la presión de las Fuerzas Militares contra las autodefensas. De hecho, en agosto de 1998, la Fuerza Aérea bombardeó zonas aledañas a Montecristo, municipio del sur de Bolívar, donde las autodefensas ilegales y fracciones de los grupos armados se disputaban el control. Ante el denuncia de algunos pobladores sobre que los miembros de las autodefensas se movilizan en dos helicópteros, el gobierno ordenó a la Fuerza Aérea derribarlos

(El Tiempo, 1998, Agosto 31; 1998, Noviembre 13). Mientras los grupos ilegales se guarecieron en zonas agrestes, sembrando de minas los accesos a ellas, entre 1998 y 2002, las autodefensas ilegales se ensañaron con la población civil. Con la desmovilización de estas desde 2004, los grupos ilegales intentaron recuperar su vieja influencia (Observatorio, 2005c, p. 9; 2006a, pp. 17, 22).

Camino al éxito

Sirva para este apartado una aclaración inicial sobre el derribo de aeronaves mencionado líneas arriba. Una faceta específica de la Fuerza Aérea son las misiones de interdicción aérea. Para el periodo y la región de interés en este artículo, de los muchos casos de interdicción todos se relacionan con el narcotráfico. Por ejemplo, en 1991, helicópteros del Comando Aéreo de Barranquilla obligaron a aterrizar en Santa Marta a una avioneta que volaba ilegalmente sobre la Guajira. No tenía plan de vuelo y su matrícula era falsa, sus tripulantes fueron detenidos. Pero la Gobernación del Magdalena devolvió la avioneta a la empresa propietaria, por lo que la Fuerza Aérea debió instaurar denuncia contra la Gobernación ante la Procuraduría (El Tiempo, 1991, Abril 14). Por lo mismo, se buscó coordinar acciones, como en 1993 cuando aviones de Fuerza Aérea y helicópteros de Policía Nacional obligaron a aterrizar un bimotor estadounidense en la Alta Guajira; o en 1996, cuando la Fuerza Aérea inició un plan coordinado con la Policía Nacional para destruir pistas ilegales en la Guajira y Llanos Orientales (El Tiempo, 1993, Marzo 15; 1996, Abril 27).

Lo cierto es que si en 1992 se detectaron 250 trazas ilegales, en 1993 estas pasaron a 600. Ante tal incremento en los vuelos ilegales, en marzo de 1994, el Ministerio de Defensa anunció que los aviones que volaran ilegalmente serían derribados. La decisión se tomó en reunión del Consejo de Seguridad y Defensa Nacional, facultando a la Fuerza Aérea para interceptar y derribar tales aeronaves previa autorización expresa del comandante de la FAC e informando a la Fiscalía. Para ello se usarían los aviones K-Fir y Mirage, los radares del Centro Militar de Defensa y otros 4 radares en el resto del país (El Tiempo, 1994, Marzo 3).

Pero en mayo del mismo 1994, el gobierno Clinton suspendió la operación de sus radares en Colombia sin notificar oficialmente al gobierno colombiano. Ello se dio por el derribo de una avioneta civil en

Perú, donde murió una misionera estadounidense. Tales radares eran operados por personal colombiano, mientras que el personal estadounidense solo hacía mantenimiento. En Colombia, el Ministerio de Defensa y la Fuerza Aérea declararon que el país mantendría la medida de derribar aviones considerados hostiles, dado que así no se violaba ningún tratado internacional. Luego de gestión diplomática, y estudiado el caso en el Congreso de EE. UU., en diciembre de 1994, se reactivaron los radares estadounidenses en Araracuara y Leticia (El Tiempo, 1994, Junio 2; 1994, Diciembre 7).

Solo después vinieron los cuestionamientos del gobierno Clinton contra el gobierno Samper. Tal vez por ello, a comienzos de 1995, la prensa estadounidense denunció que San Andrés era plataforma del narcotráfico. Al efecto respondió un vocero del Grupo Aéreo del Caribe, subrayando que el espacio aéreo estaba controlado por un radar en Hill Top (San Andrés), cuya información recibían simultáneamente los gobiernos de Colombia y EE. UU. También recordó que el aeropuerto de las islas era controlado por la Infantería de Aviación, dependiente de la Fuerza Aérea (El Tiempo, 1995, Enero 12).

El mencionado Centro Militar de Defensa Aérea, otra dependencia de la Fuerza Aérea, era el responsable de controlar el espacio aéreo, recibir la información de los radares militares y civiles, así como la proveniente de los aviones plataforma de EE. UU. y los aviones interceptores de la Fuerza Aérea. Vale recordar que los primeros radares militares se instalaron en 1990, en aras de perseguir al narcotráfico; con el mismo fin en 1998 se instalaron dos nuevos. Con información como esa también en 1998, aviones AT-37 y OV-10 del Comando Aéreo de Barranquilla derribaron una avioneta que ingresó ilegalmente al país proveniente de Centroamérica. El aparato, que cayó cerca a El Banco (Magdalena), ya había viajado al sur de Colombia y regresado con un cargamento de droga (El Tiempo, 1997, Noviembre 8; 1998, Mayo 13). Los OV-10 fueron donados en 1991 por Estados Unidos a Colombia, 22 aviones para apoyo a las fuerzas de superficie y misiones de observación.

La mejora en la seguridad de la región Caribe fue resultado, ya desde 2002, de la ofensiva de las Fuerzas Militares contra los grupos armados ilegales. En la Sierra Nevada de Santa Marta, además de instalarse Batallones de Alta Montaña (No. 5 y No. 6), se cumplieron sucesivas operaciones (Flamante, Mer-

curio, Mariscal, Feroz Nicaragua, Ocaso, Monserrate, Firmeza), para debilitar a aquellos grupos. La fracción más debilitada fue la auto-numerada 19, la de mayor influencia en el departamento del Magdalena. Con la captura en 2010 de su principal cabecilla alias 'Emel', se frustró la recuperación del grupo ilegal en la zona (Trejos, 2016, p. 366).

Los reductos de los grupos armados se vieron relegados a la Serranía del Perijá, frontera con Venezuela, solo realizando ataques esporádicos contra la Fuerza Pública en la Guajira y también contra la infraestructura carbonífera de la Drummond. Lo anterior llevó a la afirmación "que en la Costa Caribe colombiana el posconflicto se debió iniciar en el año 2010" (Trejos, 2015a, p. 9), aunque ahora se multiplicaron las bandas criminales ligadas al narcotráfico en Cesar, Magdalena y la Guajira.

Los motivos por los cuales los grupos armados ilegales atacaban infraestructura de la Drummond no serían solo por su condición de empresa estadounidense, sino por el control que ejerce sobre el departamento del Cesar y la misma extracción de carbón. Con presencia en Colombia desde 1986, la empresa dispone de su propio ferrocarril, puerto sobre el mar Caribe, controla el 87% de las zonas carboníferas y el 70% de las exportaciones de aquel departamento (Romero, 2015, p. 27); es decir, era una fuente de rentas para las exacciones de los grupos armados ilegales. Desde 1995, cuando empezó la extracción de carbón de La Loma (entre Chiriguán y la Jagua de Ibirico), el ferrocarril fue objeto de ataques por un grupo y en 2000 ya competían dos grupos por extorsionar a la empresa carbonera (Observatorio, 2005a, p. 57).

No obstante, fueron los desafíos a la seguridad en el Caribe los que llevaron en 2004 a la creación del Comando Conjunto del Caribe. Es de aclarar que como tal es un organismo militar que reúne componentes de las tres fuerzas militares (Ejército, Armada y Fuerza Aérea), exige un mando unificado y una sinergia completa (CGFM, 2005, p. 23). Dicho Comando con jurisdicción sobre diez departamentos (Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cesar, Chocó, Córdoba, Guajira, Magdalena, San Andrés y Sucre), disponía de parte del Ejército de las Divisiones Primera (Santa Marta) y Séptima (Medellín); de la Armada la Fuerza Naval del Caribe, el Comando Específico de San Andrés y la Primera Brigada de Infantería de Marina; de la Fuerza Aérea los Comandos de Combate 3 (Malambo), el 5 (Rionegro) y el Grupo Aéreo

del Caribe.

En la Sierra Nevada de Santa Marta la acción de la Fuerza Pública logró debilitar a los grupos ilegales e impedir su acceso a las zonas planas. Pero mantuvo alguna desventaja táctica dada la ubicación de aquellos grupos en las zonas altas, como las condiciones frecuentes de lluvia y nubosidad en la Sierra dificultaban el apoyo aéreo (Observatorio, 2005a, p. 58-59). De allí la funcionalidad del Batallón de Alta Montaña inaugurado en 2004 en Fundación (Magdalena), para cortar las rutas de los grupos ilegales. Esto sin olvidar los programas dirigidos por el Centro de Acción Integral de la Presidencia para beneficio de los municipios de El Copey, Pueblo Bello y Valledupar (Cesar); Dibulla y San Juan (Guajira); Aracataca, Ciénaga, Fundación y Santa Marta (Magdalena).

En conjunto, la seguridad comenzó a mejorar en función de una política integral. Como se menciona en otra parte de este artículo, el departamento de Bolívar fue uno de los epicentros del conflicto en la región Caribe. Pero la instauración, ente 2002 y 2003, de la Zona de Rehabilitación y Consolidación en Montes de María hizo que la Fuerza Pública restaurara su autoridad (Observatorio, 2006b, p. 4). El programa 'soldados de mi pueblo' no fue un simple incremento de tropas, sino un mensaje a la población de que las Fuerzas Militares permanecerían; al tiempo se liberaron las unidades de contraguerrilla para desarrollar más acciones ofensivas. La misma activación en 2004 del Comando Conjunto del Caribe, proporcionó a la Infantería de Marina apoyo de las demás Fuerzas; hasta entonces la zona de Montes de María estaba asignada a esa fuerza. Por supuesto, desde 2003, los acuerdos para desactivar las autodefensas ilegales también favorecieron una mayor seguridad para la población.

El Comando Conjunto del Caribe, entre otras operaciones contra los grupos armados ilegales y el narcotráfico, obtuvo en 2006 la captura del cabecilla alias 'El Zorro'; en 2007 coadyuvó a la fuga del político Fernando Araujo, quien llevaba seis años secuestrado por el grupo ilegal. Ese mismo año desarrolló las sucesivas fases de la 'Operación Alcatraz', la última la 'Operación Aromo' donde fue neutralizado alias 'M. Caballero'. El sucesor de este, fue neutralizado a los pocos meses, en 2008, así como los cabecillas alias 'Pollo Isra' y 'Ediver' (Herrera, 2009, pp. 42-43); sobre las operaciones 'Alca-

traz' y 'Aromo' nos referimos en un próximo artículo.

En la región Caribe de Colombia, entre 2002 y 2012, las operaciones de la Fuerza Pública llevaron a que el grupo ilegal FARC se redujera de 1.200 integrantes a 428, repartidos en cinco fracciones. En particular la Fuerza Pública debilitó la presencia del grupo en la Serranía de San Lucas y en los Montes de María. Así que la fracción 35 que azotaba a Ovejas, Coloso y San Jacinto, se redujo hasta fusionarse con la fracción 37 ubicada en el municipio de Montecristo (Bolívar). Igual con las fracciones que azotaban el Magdalena y el Cesar. El bloque que coordinaba aquellas fracciones intentó infructuosamente recuperar influencia sobre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. Pero, con la 'Operación San Jorge', los efectivos de la Primera Brigada debilitaron la fracción 19 que azotaba a San Pedro, San Javier, Palmor y Santa Clara, sobre la Sierra Nevada de Santa Marta (Iguarán, 2012, Marzo).

Conclusiones

Este artículo describió el contexto del conflicto armado en el Caribe colombiano que incidió en las operaciones de la Fuerza Aérea entre las décadas de 1980 a 2000. Descripción necesaria porque, aparte de la variedad geográfica de la región, para que la Fuerza Aérea garantice la soberanía allí es necesario comprender la complejidad del desafío donde se intersectan factores internacionales, nacionales, el conflicto armado y la criminalidad. Para cumplir dicho objetivo el artículo describió tres procesos.

En el primero se mencionó que en el Caribe, el departamento de Bolívar fue uno de los epicentros del conflicto. Inició con la expansión de los grupos armados ilegales, grupos que promovieron exacciones contra la población y se lucraron de las economías ilícitas. Luego, una situación que llegaron a disputar los grupos de autodefensa ilegales en varias zonas de la región, pero que se hizo más evidente en el departamento de Córdoba. En conjunto, y también por la misma confrontación entre ellos, los grupos armados lograron imponer su iniciativa contra la Fuerza Pública. Con la creación de una Jefatura Militar en Urabá y la activación en 1989 de la primera Brigada Móvil, comenzó a revertirse la situación.

En un segundo proceso se describió como la Fuerza Aérea a fines de la década de 1970 mejoró su despliegue en el Caribe, tanto para control de los espacios aéreos y marítimos de la región, como para dar apo-

yo aerotático a las fuerzas militares de superficie y combatir el narcotráfico. Una mejora sustancial incluyó, desde 1988, la adquisición de helicópteros Black Hawk, como la activación de una nueva base aérea en Rionegro (Antioquia) y el refuerzo con más aviones A-37B para la base de Malambo. Esta base y una pista auxiliar en San Pablo, fueron blanco de ataques por los grupos ilegales; igual que por el tiempo acumulado de servicio tres A-37B se accidentaron con muerte de sus tripulaciones.

Un tercer proceso describió como la Fuerza Aérea logró reducir los vuelos ilegales del narcotráfico, pese a que la operación de radares fue suspendida temporalmente por el gobierno de EE. UU. Posteriormente se amplió el número de radares, se reforzó la interdicción aérea y se intensificaron las operaciones contra los grupos armados. Con la creación del Comando Conjunto del Caribe, desde 2004, se evidenció la mejora sustancial en la seguridad de la región; en parte, porque se lograron reducir los grupos armados a partir de la neutralización de sus cabecillas.

Estos procesos descritos permiten concluir que la Fuerza Aérea cumplió un papel importante para reducir las exacciones de los grupos armados ilegales en el Caribe colombiano. En particular cumpliendo una gama de misiones más diversas que las de otras fuerzas, incluidas el dominio de los espacios aéreos y marítimos, la interdicción aérea, el apoyo aerotático y, finalmente, como componente decisivo en las operaciones conjuntas que neutralizaron a los cabecillas de aquellos grupos. De allí la necesidad de analizar las operaciones que en el Caribe confirman el papel diferenciado y decisivo que cumplió la Fuerza Aérea en esa región, entre otras, como las operaciones "Alcatraz" y "Aromo".

Referencias

- Almario, O. et al. (2004). *Dimensiones territoriales de la guerra y la paz*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Aparicio, A. (2015a). Dinámicas espaciales de la guerra interna en las áreas urbanas de Colombia: el caso de la región Caribe. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 2 (1).
- Aparicio, A. (2015b, junio). La frontera del Caribe y la región andina: un corredor estratégico de la guerra colombiana. *Estudios en Seguridad y Defensa*, 10 (19).
- Área de Memoria Histórica (2009). *Memorias en tiempo de guerra*. Bogotá: CNRR.
- Barros, C. (2006). «L'historiographie et l'histoire immédiates: l'expérience latine de l'Histoire en débat (1993-2006)». Recuperado de: <https://h-debate.com/toulouse-5406/>
- Comando General Fuerzas Militares –CGFM (2005). *Manual de Estado Mayor y Mando Conjunto para las Fuerzas Militares*. Bogotá: Imprenta FF.MM.
- Comando General Fuerzas Militares –CGFM (2010, Diciembre). Sur de Bolívar, 'tierra de libertad'. *Las Fuerzas*, n. 8. Recuperado de: <http://www.cgfm.mil.co/documents/10184/177460/08-LasFuerzas.pdf/9cee4d6f-cac1-4f9a-997f-32c8f8557a8b>
- El Tiempo* (1990, Noviembre 6). Muere insurgente en enfrentamiento en Santander frustran plan terrorista para volar pistas de la FAC. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2788>
- El Tiempo* (1991, Marzo 1). Se estrelló bombardero de la FAC. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-33547>
- El Tiempo* (1991, Abril 14). FAC denuncia a gobernador. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-62770>
- El Tiempo* (1991, Diciembre 30). Fracasa ataque a base aérea: mueren 4 del ELN. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-217038>
- El Tiempo* (1992, Julio 15). Llegan ocho aviones para entrenamiento de la FAC. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-157537>
- El Tiempo* (1992, Diciembre 29). FAC refuerza su flota de aviones. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-265428>
- El Tiempo* (1993, Marzo 15). Retienen un narco avión. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-75164>
- El Tiempo* (1993, Junio 20). Fuera de combate cuatro helicópteros Black Hawk. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-140893>
- El Tiempo* (1993, Noviembre 10). FAC no compró, sino arrendó aeronaves. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-258435>
- El Tiempo* (1994, Marzo 3). Colombia derribará los vuelos ilegales. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-62339>
- El Tiempo* (1994, Junio 2). Seguirá derribamiento de aviones: Mindefensa. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-141909>
- El Tiempo* (1994, Octubre 26). Cae avión de la Fuerza Aérea en San Andrés. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-241579>
- El Tiempo* (1994, Noviembre 5). Tecnología aérea de avanzada. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-244773>
- El Tiempo* (1994, Diciembre 7). En operación, radares de EE.UU. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-261004>
- El Tiempo* (1995, Enero 12). Documento militar alertó sobre caos en San Andrés. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-305635>
- El Tiempo* (1995, Julio 14). Manteniendo la soberanía nacional. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-368174>
- El Tiempo* (1995, Noviembre 8). Presencia constante en los cielos de Colombia. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-449732>
- El Tiempo* (1996, Abril 27). FAC iniciará plan contra pistas. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-279662>
- El Tiempo* (1996, Mayo 24). Sobrevuelos permanentes en frontera con Panamá. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-302130>
- El Tiempo* (1996, Junio 29). Mueren piloto y copiloto de la FAC en accidente aéreo. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-449592>
- El Tiempo* (1996, Noviembre 8). Estas son las bases de la FAC en Colombia. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-582031>
- El Tiempo* (1998, Mayo 13). Fuerza Aérea derriba narco avioneta. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-779099>
- El Tiempo* (1998, Agosto 31). A Montecristo también lo sitió el hambre. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-788122>
- El Tiempo* (1998, Noviembre 13). Paramilitares. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-816283>
- El Tiempo* (1997, Noviembre 8). Defensa aérea, brazo fuerte de la FAC. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-683487>
- Esquivel, R. (2015, Mayo). Las regiones geopolíticas y Colombia (IV - Caribe). *Observatorio Seguridad y Defensa*, 11. Recuperado de: http://issuu.com/observatoriosd/docs/boletin_11-2015
- González, F. et al. (2014). *Territorio y conflicto en la Costa Caribe*. Bogotá: CINEP.
- Guarín, D. (2014, Diciembre). 30 Años del A37B. *Revista Aeronáutica*. Recuperado de: <https://www.revistaaeronautica.mil.co/30a%C3%B1osdel37b>
- Henao, J. et al. (2015). La lucha por el control territorial en Colombia: Un análisis de la dinámica del conflicto armado. *Ecos de Economía*, 19(40), [online].
- Herrera, C. (2009). Comandos conjuntos en el desempeño de las Fuerzas Militares de Colombia en la lucha contrainsurgente caso específico: Comando Conjunto 'Número 1 Caribe'. (Trabajo de grado Político). Bogotá: Universidad del Rosario. Recuperado de: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/731/80449649.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Iguarán, A. (2012, Marzo 16). Las Farc en el Caribe: de 1.200 hombres en 2002 a 428 en 2012. *El Heraldo*. Recuperado de: <http://www.elheraldo.co/region/lasfarcenelcaribede1200hombrese-2002a428en201260638>
- León, O. (1991, Noviembre 30). Se consolida control aéreo del orden público. *El Tiempo*. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-199943>
- Medina, C. (2011). *Flujos y reflujos: La guerra en las regiones*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2001). *Panorama actual de la Sierra Nevada de Santa Marta*. Recuperado de: http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/04_03_regiones/sierra_nevada/panoramaactualdelasierranevada.pdf
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2005a). *Dinámica reciente de la confrontación armada en la Sierra Nevada de Santa Marta*. Recuperado de: http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/sierra_nevada.pdf
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2005b). *Dinámica reciente de la violencia en Barranquilla*. Recuperado de: http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/barranquilla.pdf

- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2005c). *Panorama actual de Bolívar*. Recuperado de: http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/bolivar05.pdf
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2006a). *Dinámica de la confrontación armada en la confluencia entre los Santanderes y el sur del Cesar*. Recuperado de: http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/confluencia.pdf
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2006b). *Panorama actual de Sucre*. Recuperado de: http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/sucre.pdf
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2007a). *Diagnóstico Departamental Bolívar*. Recuperado de: <http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/DiagnosticoEstadisticoDepto/dd/2003-2007/bolivar.pdf>
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2007b). *Diagnóstico Departamental Sucre*. Recuperado de: http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI_2188.pdf?view=1
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos (2009). *Dinámica de la violencia en el departamento de Córdoba 1967-2008*. Recuperado de: http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/Dinamica-Violecia_Cordoba.pdf
- Romero, T. (2015). El control geopolítico de los recursos naturales en Colombia (2002-2011): El caso del carbón en el Departamento del Cesar. (Trabajo de grado Politóloga). Bogotá: Universidad del Rosario. Recuperado de: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11408/1019091860-2015.pdf?sequence=4>
- Sánchez, G., et al. (2010). *La tierra en disputa: Memorias del despojo y resistencias campesinas en la Costa Caribe (1960-2010)*. Bogotá: CNRR.
- Sánchez, N. (2012, Julio-Diciembre). 'Colombianismos' dentro del lenguaje técnico jurídico. *Taktika*, 3 (6).
- Sauvage, P. (1998, Diciembre). Una historia del tiempo presente. *Historia Crítica*, 17. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=811/81111329005>
- Téllez, E. (1991, Marzo 24). Sin recursos activan brigada móvil. *El Tiempo*. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-49852>
- Trejos, L. (2015a). Conflicto y posconflicto en el Caribe colombiano. *Academia Libre*, 12 (12). Recuperado de: <http://www.unilibrebaq.edu.co/ojsinvestigacion/index.php/academialibre/article/download/611/582>
- Trejos, L. (2015b). Ilegalidad, debilidad estatal y reconfiguración cooptada del estado en la región Caribe colombiana. *Encrucijada Americana*, 7 (2). Recuperado de: http://www.encrucijadaamericana.cl/articulos/a7_n2/a5_ilegalidad_debilidad_estatal_y_reconfiguracion_cooptada_del_estado_en_la_region_caribe_colombiana1.pdf
- Trejos, L. (2016). Hipótesis explicativas de la derrota estratégica de la insurgencia armada en el Caribe colombiano: los casos de Farc y el Eln. *Revista de Derecho*, 45. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-86972016000100014
- Valencia, Á. (1998, Diciembre). El cuarto momento militar del siglo XX. *Revista Fuerzas Armadas*, 53(169).



Management and Strategy

David Barrero-Barrero
Escuela Superior de Guerra

Carlos Enrique Álvarez Calderón
Escuela Superior de Guerra

Air Superiority and National Interests.

A Perspective from the Andean Condor as a Symbol of Air Power *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/
Pp. 140-161.

Barrero-Barrero, D., y Álvarez, C. (2019). Superioridad aérea en los intereses nacionales. Una mirada desde el cóndor de los Andes como símbolo de poder aéreo. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 140-161.
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.638>

David Barrero-Barrero

Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana, Piloto y Administrador Aeronáutico, Magister en Ciencias de la Seguridad y Defensa Interamericana, candidato a Doctorado en Bioética. Docente de la Escuela Superior de Guerra y de la Universidad Militar Nueva Granada.
davidbarrerob@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=00000098146
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0412-1371>

Carlos Enrique Álvarez Calderón

Político con Maestrías en Relaciones Internacionales y Coaching Ontológico Empresarial. Becario del Center for Hemispheric Defence Studies William Perry en Washington. Profesor investigador de la Escuela Superior de Guerra, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea y Escuela de Inteligencia y Contrainteligencia de Colombia.
carlosalvarezcalderon@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001627309

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.638>

* Reflection article derived from the research project: "The importance of Air superiority for the State of Colombia in the 21st century", Approval Act Nº 326 / MDN-COGFM-JEMCO-ESDEG-SBESG-VINVE-2.25 of February 28, 2018. Research Group Critical Mass. Escuela Superior de Guerra Rafael Reyes Prieto.

Abstract

This article describes and analyzes the concept of Air Superiority beyond the doctrine of air power. First, we shall search within our national symbols, looking for the meaning of the Andean Condor in regards to Air Superiority. Then, we shall present what superiority could be as a comprehensive causal system of necessary effects on the enemy and as a response to the Security and Defense obligations of the Military Power. Finally, we shall lay out the importance that air superiority should have on our national interests for the survival of the nation. In regards to the above, we shall consider three critical elements for the attainment of the objectives of this document: the doctrine and vocation of service to the nation that an air institution has develo-

ped, the evolution of air power throughout history and its wars, and the necessity of political will to realize the vision of a free nation.

Key Words:

Superiority, Air Supremacy, Air Power, Military Power, Doctrine, Security, Defense, National Interest.

Gestão e Estratégia

David Barrero-Barrero
Escuela Superior de Guerra

Carlos Enrique Álvarez Calderón
Escuela Superior de Guerra

Superioridade aérea nos interesses nacionais.

A Perspective from the Andean Condor as a Symbol of Air Power *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/
Pp. 140-161.

Barrero-Barrero, D., y Álvarez, C. (2019). Superioridad aérea en los intereses nacionales. Una mirada desde el cóndor de los Andes como símbolo de poder aéreo. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 140-161.
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.638>

David Barrero-Barrero

Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana, Piloto y Administrador Aeronáutico, Magister en Ciencias de la Seguridad y Defensa Interamericana, candidato a Doctorado en Bioética. Docente de la Escuela Superior de Guerra y de la Universidad Militar Nueva Granada.
davidbarrerob@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=00000098146
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0412-1371>

Carlos Enrique Álvarez Calderón

Político con Maestrías en Relaciones Internacionales y Coaching Ontológico Empresarial. Becario del Center for Hemispheric Defence Studies William Perry en Washington. Profesor investigador de la Escuela Superior de Guerra, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea y Escuela de Inteligencia y Contrainteligencia de Colombia.
carlosalvarezcalderon@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001627309

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.638>

* Artículo de reflexión, derivado del proyecto: "A importância da Superioridade Aérea para o Estado colombiano no século XXI", com ata de aprovação No 326 /MDN-COGFM-JEMCO-ESDEG-SBESG -VINVE-2.25 de 28 de Fevereiro 2018. Grupo de pesquisa Massa Crítica. Escola Superior de Guerra Rafael Reyes Prieto.

Resumo

Este artigo faz uma descrição e análise do conceito da Superioridade Aérea mais além da apropriação da Força Aérea. Em primeiro lugar se fará uma pesquisa na simbologia pátria e o que representa o condor dos Andes na Superioridade Aérea. Logo, se apresentará o que pode ser a superioridade como um sistema integral causal de efeitos necessários sobre o inimigo e resposta às obrigações de Segurança e Defesa próprias do Poder Militar. Finalmente, será proposta a importância que deve ter a superioridade aérea nos interesses nacionais para a supervivência na nação. No anterior se consideram três fundamentos para a consecução dos objetivos do presente documento como o são a doutrina e vocação pátria que tem desenvolvido uma instituição

aérea, a evolução do poder aéreo na história e suas guerras, bem como o dever de envolver a vontade política na visão de uma pátria livre.

Palavras chave:

superioridade aérea, domínio do ar, poder aéreo, poder militar, doutrina, segurança, defesa, interesse nacional.

Gestión y Estrategia

David Barrero-Barrero
Escuela Superior de Guerra

Carlos Enrique Álvarez Calderón
Escuela Superior de Guerra

Superioridad aérea en los intereses nacionales.

Una mirada desde el cóndor de los Andes como símbolo de poder aéreo *



CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/
Pp. 140-161.

Barrero-Barrero, D., y Álvarez, C. (2019). Superioridad aérea en los intereses nacionales. Una mirada desde el cóndor de los Andes como símbolo de poder aéreo. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 140-161.
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.638>

Carlos Enrique Álvarez Calderón

Politólogo con Maestrías en Relaciones Internacionales y Coaching Ontológico Empresarial. Becario del Center for Hemispheric Defence Studies William Perry en Washington. Profesor investigador de la Escuela Superior de Guerra, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea y Escuela de Inteligencia y Contrainteligencia de Colombia.
carlosalvarezcalderon@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001627309

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.638>

David Barrero-Barrero

Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana, Piloto y Administrador Aeronáutico, Magister en Ciencias de la Seguridad y Defensa Interamericana, candidato a Doctorado en Bioética. Docente de la Escuela Superior de Guerra y de la Universidad Militar Nueva Granada.
davidbarrerob@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000098146
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0412-1371>

* Artículo de reflexión, derivado del proyecto: "La importancia de la Superioridad Aérea para el Estado colombiano en el siglo XXI", con acta de aprobación No 326 /MDN-COGFM-JEMCO-ESDEG-SBESG-VINVE-2.25 de 28 de Febrero 2018. Grupo de investigación Masa Crítica. Escuela Superior de Guerra Rafael Reyes Prieto.

Resumen

Este artículo hace una descripción y análisis del concepto de la Superioridad Aérea más allá de la apropiación de la Fuerza Aérea. En primer lugar, se hará una búsqueda en la simbología patria y lo que representa el cóndor de los Andes en la Superioridad Aérea. Luego, se presentará lo que puede ser la superioridad como un sistema integral causal de efectos necesarios sobre el enemigo y respuesta a las obligaciones de Seguridad y Defensa propias del Poder Militar. Finalmente, será planteada la importancia que debe tener la superioridad aérea en los intereses nacionales para la supervivencia de la nación. En lo anterior se consideran tres aspectos fundamentales para la consecución de los objetivos del presente documento como lo son la doctrina y

vocación patria que ha desarrollado una institución aérea, la evolución del poder aéreo en la historia y sus guerras, así como el deber de involucrar la voluntad política en la visión de una patria libre.

Palabras clave:

superioridad aérea, dominio del aire, poder aéreo, poder militar, doctrina, seguridad, defensa, interés nacional.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019

Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

“ La Superioridad Aérea es la máxima expresión del Poder Militar”

Winston Churchill

“ La superioridad aérea es una necesidad. Desde 1939, ningún país ha ganado una guerra frente a la superioridad aérea enemiga, ninguna gran ofensiva ha tenido éxito ante un rival que controla el aire, y no hay defensa que se haya mantenido contra un enemigo que tuviese superioridad aérea.”

Coronel John A. Warden III (Warden III, 1988, p. 14)

Introducción

El presente artículo tiene como objetivo contextualizar la importancia de la Superioridad Aérea para el Estado colombiano, más allá de la doctrina propia del Poder Aéreo. Se busca generar inquietud e interés, así como fomentar cambios de mentalidad en la sociedad y los tomadores de decisión políticos en Colombia, en relación con los nuevos escenarios que la era contemporánea obliga a alcanzar para la garantía de la seguridad y la defensa nacionales.

Por lo anterior, es necesario considerar el acelerado desarrollo que ha tenido la aviación en el mundo a partir de inicios del siglo XX, así como la evolución del Poder Aéreo y su independencia de las fuerzas terrestres y navales. Estos constituyen un hito en la historia de la guerra y de las campañas aéreas, puesto que a través del tiempo se ha demostrado que la capacidad de la aviación es el punto de inflexión para ganar o perder una guerra. En efecto, desde la Primera Guerra Mundial (1914-1918), el empleo del avión comenzó a deslumbrar a estrategas, políticos y pensadores por su potencial para superar la lógica de la guerra de trincheras que consumía inmensos recursos humanos y materiales. Posteriormente, las batallas aéreas demostraron ser decisivas en la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), y el ejemplo de los éxitos operacionales alcanzados por la Real Fuerza Aérea Británica o la Aviación del Ejército de los Estados Unidos motivó a diversos Estados a constituir sus propias fuerzas aéreas una vez superada esta guerra de “tercera generación” (Álvarez, Santafé y Urbano, 2017).

La Superioridad Aérea y Dominio del Aire, en el teatro de la guerra o en el de operaciones, se ha constituido en la primera necesidad en un conflicto por los efectos que produce sobre el adversario. Por ejemplo, la Guerra del Golfo (1990-1991) demostró a políticos y estrategas militares del mundo que la obtención de la Superioridad Aérea era primordial para la victoria y la supervivencia en la guerra, como objetivo fundamental para el desarrollo subsecuente de las operaciones terrestres, navales y las aéreas en otros niveles. La campaña aérea ejecutada por los aliados y vista en tiempo real en todo el mundo gracias a las tecnologías de la información y las comunicaciones de activos espaciales en el “terreno elevado” (Álvarez, Murillo, Hernández y Urbina, 2019) definió claramente que esta Superioridad Aérea era más que un objetivo, era política y militarmente un asunto de Interés Nacional.

Con base en lo anterior y para el desarrollo del presente artículo, se parte de la formulación de la siguiente pregunta: ¿qué tan imperiosa debe ser la Superioridad Aérea para la seguridad y defensa de un Estado como Colombia, que incluso permita ser considerada un Interés Nacional? Para responderla se trabaja a partir de tres ejes de análisis dentro de la investigación realizada. Primero, se estudiará la representación simbólica de lo que significa el Cóndor de los Andes en el escudo nacional para la Superioridad Aérea. Segundo, se hará una breve descripción de lo que debe ser un sistema integral de Superioridad Aérea, de acuerdo con la invención

tecnológica de los elementos que lo han ido constituyendo a través de las campañas aéreas. Tercero, se examinará el Interés Nacional de la política por la Superioridad Aérea. Finalmente, se plantearán algunas conclusiones.

El Cóndor de los Andes como símbolo patrio de la Superioridad Aérea

Partiendo del absoluto respeto hacia los símbolos patrios colombianos, el Cóndor de los Andes que reposa sobre el escudo de Colombia es quizá la mejor representación del significado de la Superioridad Aérea. La emblemática ave designada para el escudo simboliza, por ejemplo, poder, fuerza, inteligencia, sagacidad y distinción. El Cóndor es una de las aves más grandes y majestuosas, y es capaz de volar por encima de los andes colombianos, lo que enaltece aún más al escudo nacional por su capacidad de cobertura sobre la geografía colombiana. La misión del Cóndor es vigilar por encima del mar y la tierra y estar listo para atacar, con la premisa de preservar, entre sus garras, la Libertad y el Orden (Cancillería, 2018). Esta cualidad distintiva de volar la realizan las aves y ciertos insectos, así como como el hombre, que se ha atrevido a lo largo de la historia a imitar a las aves, a través de máquinas potentes y capaces de igualarlas.

Pero ¿por qué un ave sobre el escudo? Solo quienes poseen alas como el Cóndor, pueden apreciar desde el cielo la majestuosidad de la belleza de un país y sentirse libres en su propio cielo, sabiendo que para mantenerlo también deben controlarlo, vigilarlo, protegerlo y mantenerlo libre de amenazas en todo tiempo. El escudo de Colombia representa todo lo que es el país en extensión, riqueza, prodigalidad de su suelo y libertad. El escudo colombiano fue creado bajo el mandato de Francisco de Paula Santander en 1826 y decretado oficialmente como símbolo patrio con la Ley 3 del 9 de mayo 1834. Desde aquella época (aunque con algunas modificaciones a la fecha), el Cóndor de los Andes ha permanecido sobre el escudo que visionó Santander para la República: fiel, longevo, tal vez inmortal, fuerte y salvaje por su condición de cazador.

Esta exótica y bellísima ave posee un plumaje vistoso y brillante de color negro, y gargantilla de plumas en su cuello que la diferencia de otras aves de rapiña. Aquellos que constituyeron la Gran Colombia la pusieron allí por anidar en los países de los Andes sudamericanos y ser capaz de volar por encima de las enormes montañas y cordilleras que cruzan de sur a norte el continente.

Desde su concepción en 1826, el Cóndor de los Andes ha significado libertad (Cancillería, 2018), pues fue esa la intención de su carácter emblemático, muy acorde con la recién adquirida independencia de España. Pero con el transcurrir de los años, la Libertad ha significado la autonomía de un país para vivir feliz en su independencia e identidad propia sabiendo que allá arriba un inmenso Cóndor vigila y protege el territorio nacional.

Con sus alas abiertas y su mirada a la derecha, es el ave representativa de las montañas de Colombia, que custodia no solo un inmenso cielo, mares y tierra, sino también una cinta en oro con el lema “Libertad y Orden” que representa quizá el más sublime de los intereses nacionales¹. ¿Qué vigila el Cóndor? Con seguridad la “riqueza y prodigalidad del suelo nacional”, representadas en las monedas de oro y plata; también preserva la libertad que representa el gorro frigio, y finamente custodia y protege la tierra y las aguas de ambos océanos (Cancillería, 2018).

Bien lo ha dicho Joaquín Piñeros Corpas al referirse a esta cazadora y su relación con el Poder Aéreo: “el Cóndor es ratificación de la vocación aviadora colombiana y del compromiso de las generaciones contemporáneas de dominar el vasto y contrastado territorio nacional, mediante el ejército de alas poderosas” (Presidencia de Colombia, 2018). Estas palabras son de indeleble credibilidad. En el mundo moderno, la Superioridad Aérea que las aves de metal proveen a sus países para mantener ese orden y libertad, así como la seguridad de maniobrar en las campañas terrestres y navales subsiguientes para

¹ Aunque esto no está definido en alguna parte como Interés Nacional, “Libertad y Orden” puede tomarse como un derecho por satisfacer o una necesidad, algo semejante a la definición de Interés Nacional, que será visto más adelante.

atacar o defenderse de un ataque, le permiten al Poder Militar bajo un coherente apoyo político generar condiciones de seguridad, desarrollo y libertad.

Retomando lo dicho, el Cóndor es el custodio de todo lo que observa desde el cielo, donde permanece volando y vigilando la tierra y el mar de Colombia. La mirada a la derecha significa legitimidad, y sus alas extendidas están listas para saltar al vuelo en protección del primer Interés Nacional escrito en oro y establecido por la Ley 3 de 1834.

La protección de su nido es el significado sublime de lo que representa el Cóndor en el escudo, y que seguramente se mantendrá así hacia el futuro: vigilar todo lo que ese escudo representa, bajo el mandato de la Libertad y el Orden. El ave nacional permite la tranquilidad a la patria que desde la Superioridad Aérea se puede dar. No existe la más mínima posibilidad para que algún intruso pretenda violar el espacio aéreo, sin que el Cóndor lo detecte, lo identifique, lo intercepte y lo neutralice. Para eso está allí.

¿Qué sería de la patria si no existiera el Cóndor allí arriba custodiándolo todo? ¿Qué sería entonces de la cinta en oro con el sublime lema Libertad y Orden si no estuviera aferrada a las garras de su custodio? ¿Qué sucedería si el concepto de Superioridad Aérea no fuera importante para el ordenamiento político nacional? Bien difícil de responder quizá, pero las mismas palabras llevan a entender por qué el Cóndor ha permanecido en ese lugar por tantos años. Primero, es la garantía que ha permitido la libertad de acción de todos los colombianos en su propio territorio con la seguridad de que su Poder Aéreo es poderoso para permitirlo. Segundo, el despliegue del Poder Militar de una Nación parte desde la obtención de la Superioridad Aérea como ha demostrado la historia de las guerras.

Para un país obligado por la Constitución a mantener su soberanía, orden constitucional e integridad territorial, la Superioridad Aérea debe ser el primer objetivo por alcanzar antes de iniciar cualquier campaña militar. Hasta por el solo hecho de tener una disuasión creíble, el Poder Aéreo debe ser parte política de los Intereses Nacionales para evitar ser invadido o por lo menos amenazado. El Coronel John A. Warden III de la USAF, autor contemporáneo sobre las teorías del Poder Aéreo, define la Superioridad Aérea como “la primera y más apremiante tarea”² (Warden, 1988, p. 18), algo que sin duda alguna es y debe ser lo fundamental en un conflicto. De ello

depende la continuidad de las demás operaciones y hasta la supervivencia de un país. Por ningún motivo esta superioridad se debe dejar a la iniciativa del adversario.

En efecto, la estrategia general de la Superioridad Aérea es siempre tener la iniciativa, llevar la guerra al territorio enemigo³, neutralizar su Poder Aéreo principalmente y establecer el control del aire para proporcionar libertad de acción a las propias fuerzas de superficie. Dicha ofensiva aérea estaría dirigida no solo a avanzar en las operaciones terrestres y marítimas subsiguientes para consolidar la Superioridad Aérea, sino también a la obtención de los objetivos de guerra salvaguardando los intereses nacionales.

En una eventual guerra no se puede esperar que la iniciativa la tenga el enemigo, para reaccionar posteriormente en defensa. La pregunta sería en ese momento ¿reaccionar con qué?, o en el peor de los casos, ¿ya para qué?, si el enemigo ha sido lo suficientemente capaz de neutralizar el Poder Aéreo en tierra. Se debe ser ofensivo para sobrevivir, basta solamente recordar que en seis días los israelíes demostraron que esta teoría es verdad, más aún cuando alrededor de ese país las amenazas siempre han sido exponencialmente superiores.

Las palabras de Warden son de trascendencia para la guerra porque incluyen todos los niveles de la guerra, es decir, desde el Operacional al Estratégico y al de la Gran Estrategia⁴ (1988, p. 4). Asimismo, porque los efectos de la aviación sobre el enemigo una vez alcanzada la Superioridad Aérea permiten la iniciación de las demás operaciones en el Teatro de la Guerra, como se señaló anteriormente, y de ese modo continuar la conducción de la guerra. En otras palabras, la dimensión de lo que implica alcanzar, mantener y dominar el cielo propio a partir de la Superioridad Aérea significa la tranquilidad a la visión de futuro que se haya proyectado tener. Es la misma visión por la que el Cóndor permanece en el escudo nacional y muy posiblemente por la que Francisco de Paula Santander lo puso de custodio en ese lugar.

²“The first and most compelling task”. Traducción nuestra.

³ Superioridad Aérea Ofensiva. En condiciones de defensiva, en propio territorio, pero con las capacidades aéreas para neutralizar al enemigo.

⁴La Gran Estrategia a la que se refiere Warden es el Nivel Político, donde se decide la participación de un país en una guerra, así como sus aliados y enemigos.

Coronel Phillip S. Meilinger (1996), de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (en adelante: USAF), afirma que:

La Superioridad Aérea como parte del Poder Aéreo, juega un papel importante y de primer orden en las guerras, batallas y campañas. Sin importar el modo de la guerra en que un país se involucre⁵, es importante conocer las amenazas presentes y futuras que restringen la capacidad del Poder Militar y en especial las del Poder Aéreo, que, en el primer orden, debe dar la pauta de libertad de acción a las operaciones conjuntas. Giulio Douhet (1936) afirma que “los ejércitos afrontarán tanto mejor la guerra, cuanto mejor acondicionados y adaptados se encuentren a las condiciones del momento, por jefes que hayan podido responder satisfactoriamente a esta pregunta: ¿cómo será la guerra del futuro?” (p. 31).

Por otra parte, ¿por qué hablar de efectos? Después de los años noventa, la aviación les ha añadido una característica especial a las campañas. El Teniente Coronel J. P. Hunerwadel de la USAF en su artículo “El Método de operaciones basadas en efectos” (en adelante EBO por sus siglas en inglés), expone un primer principio en el que “las EBO se aplican a todas las dimensiones, disciplinas y niveles de guerra” (Hunerwadel, 2006, p. 56) por consiguiente cualquier tipo de operaciones por parte de la aviación, desde el nivel estratégico, pasando por el operacional o inclusive, “las acciones tácticas muy pequeñas puedan surtir unos efectos estratégicos inmensos en ciertas circunstancias—para bien o para mal” (Hunerwadel, 2006, p. 56). Asimismo, de acuerdo con la Air University, “Efectos operacionales como Superioridad Aérea, superioridad espacial, superioridad del ciberespacio, derrota de las fuerzas de superficie enemigas, aislamiento de las fuerzas enemigas en el espacio de batalla e interrupción o destrucción de las funciones de liderazgo del enemigo” (Air University, 2015, p. 36) son determinantes para la victoria en la campaña aérea, también con efectos para la campaña militar. Por consiguiente, según Douhet, “la destrucción completa del objetivo produce además del efecto material un efecto moral que puede tener repercusiones trascendentales” (Douhet, 2006, p. 44).

Pero ¿por qué insistir en las EBO y qué relación tienen con el Poder Aéreo y la Superioridad Aérea? A pesar de que las Fuerzas terrestres, marítimas y aéreas que componen el Poder Militar son impor-

tantes y necesarias para la Superioridad Aérea, la pauta que le imprime la aviación es fundamental debido a sus capacidades distintivas. Principalmente, por la velocidad, flexibilidad y precisión, lo que puede garantizar de manera más rápida la obtención de los objetivos políticos y militares en la guerra. Es decir, se trata de lograr la Superioridad Aérea y con ello, que esto represente el Interés Nacional para la supervivencia de un país en conflicto y a partir de allí desarrollar la estrategia, causando el efecto esperado que se haya planeado, ejecutado, evaluado y adaptado, conforme a las operaciones militares (Hunerwadel, 2006).

Habiendo dicho lo anterior y sobre el fundamento primario de alcanzar objetivos sin mencionar hasta ahora el cómo o con qué medios, “la doctrina tiene que ver con los efectos, no con las plataformas”⁶ (Air University, 2015, p. 7). Es necesario para el Poder Aéreo contar con las plataformas y armas para llevar a cabo la estrategia sobre bases doctrinales, que en combinación y sinergia proporcionen la superioridad que el nivel estratégico requiere y que además permita el empleo aéreo en niveles operacional y táctico. “Generalmente se piensa en obtener la Superioridad Aérea a través de una combinación de aviones y misiles aire-tierra o armas. De hecho, estos dos elementos normalmente jugarán un papel clave, pero de ninguna manera el único rol”⁷ (Warden III, 1988, p. 18), puesto que la integración de una serie de capacidades fortalece la posibilidad de luchar por la Superioridad Aérea, y a partir de allí, proveer libertad de operación. Por lo anterior, las campañas terrestre y naval serán fundamentales para la consolidación de la Superioridad Aérea, avanzar en la campaña militar y alcanzar la victoria.

Bien es cierto que lo político juega un papel importante en las guerras, por lo que es necesario que los tomadores de decisiones, ajenos a la doctrina militar y en especial a la guerra, entiendan que los mapas deben verse desde arriba, como los ve el

⁵No hay tamaño para las guerras o los conflictos, la Superioridad Aérea debe ser considerada para cualquier escenario, concebida y planificada para obtenerla en cualquier circunstancia desde el inicio del conflicto.

⁶Una mirada desde el cóndor de los Andes como símbolo de poder aéreo*

⁷Traducción al español por los autores del presente artículo.

hombre del aire. Asimismo, como el Cóndor observa desde la parte alta del escudo la extensión del territorio nacional, y a partir de allí, sus amenazas, riesgos y peligros para decidir mejor, pero desde allí arriba: en el nido del Cóndor.

Para entender mejor el vínculo de la política con la Superioridad Aérea desde otra perspectiva, el Coronel Phillip S. Meilinger (1996), de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (en adelante: USAF), afirma que:

Las implicaciones que se desprenden de los escritos de los teóricos de la aviación es que lograr la supremacía aérea es tan importante que podría asegurar la victoria (por ejemplo, la Superioridad Aérea podría ser un fin por sí misma). (...), la supremacía aérea tiene valor sólo si cuenta con el apoyo político para ser utilizada a su máxima expresión (p. 5)

De lo anterior se concluye que ninguna campaña por insignificante que se considere puede desarrollarse sin la Superioridad Aérea, puesto que ella permite la ejecución de las operaciones conjuntas con total garantía. El comandante en tierra y superficie debe sentirse seguro, protegido y con total libertad de ejecutar sus operaciones (Air University, 2015) a partir de la obtención de la Superioridad Aérea.

Por otra parte, para entender en contexto todo lo que implica obtener la Superioridad Aérea tanto para políticos como para militares, en las siguientes líneas se describen algunos componentes de un Sistema de Superioridad Aérea Integral. Este, aparte de soportar la teoría de los EBO, permite evidenciar que, con el transcurrir del tiempo y frente a las amenazas tradicionales y nuevas amenazas de la seguridad multidimensional (OEA, 2003), las guerras de cuarta generación de Lind (2004) o la Guerra Irrestringida de los Generales Liang y Xiangsui (1999), el Poder Aéreo es indispensable desde el inicio hasta el fin de las operaciones, generando los efectos políticos y militares sobre la base de la Superioridad Aérea como primer objetivo.

Estas teorías que tratan de las guerras, terrorismo y otros conflictos, abordan el gran problema de Seguridad y Defensa en diferentes enfoques, épocas y momentos, o de la validez de las reglas que apliquen los enemigos internos y/o externos y un Estado. Sin embargo, lo cierto es que el poder estatal debe trabajar al unísono en dar respuestas, una de ellas comienza desde arriba, donde está el poder y el cielo.

La Superioridad Aérea como sistema integral y sus efectos en la campaña aérea

Hoy por hoy, el cielo tridimensional y la quinta generación en la tecnología se constituyen en los medios y formas para alcanzar el fin del mejor grado de Dominio del Aire de Douhet y Mitchel. Pero ¿qué tanto es necesario o suficiente para obtener un considerable grado de Poder Aéreo y por consiguiente considerar que se podrá obtener la Superioridad Aérea en una campaña?, ¿con aviones es suficiente?, ¿hay algo más que coadyuve a lograr este objetivo en la campaña aérea? A continuación se avanzará en algunos componentes que un Poder Aéreo requiere para considerar alcanzar la Superioridad Aérea necesaria, para garantizar las operaciones subsiguientes en cualquier Teatro de la Guerra o de Operaciones.

Los aviones de Superioridad Aérea: el Cóndor que se lanza al ataque

Las batallas aéreas en realidad se remontan a los albores del siglo [XX], cuando el dirigible comenzó a surgir como un arma viable. R. P. Hearne, una autoridad temprana en dirigibles, preveían duelos entre ellos usando armas tales como aire comprimido y pistolas de resorte, bombas de aire de petróleo y líquidas, minas aéreas, flechas con punta de fuego, jabalinas, dardos detonantes y torpedos aéreos, siendo este último un tipo de guía misiles, o como lo describió Hearne, "alguna forma de aeronave miniatura cargada con altos explosivos y tal vez en el estado perfeccionado dirigible por eléctrico inalámbrico significa desde la aeronave misma".⁸ (Kennett, 1991, p. 101)

Frente a la amenaza de la flota alemana, franceses y británicos desarrollaron el llamado Zeppelin-killer para eliminar al agresor. Entre 1912 y 1913, los franceses comenzaron con los diseños del que sería tal vez el primer cohete o misil aire-aire de la historia, llamado el "Guerre", que consistía en un dardo compuesto de bencina y ganchos para atrapar la tela del

dirigible, los británicos trabajaron en una bomba con cable, que de alguna manera la hacían detonar contra el dirigible (Kennett, 1991, p. 101).

El anterior es quizá uno de los primeros inventos balísticos que acompañaron el camino de la naciente aviación en el siglo XX. Antes de él, el desarrollo del combate aéreo, bien sea aire-aire o aire-tierra, había sido concebido por la imaginación del hombre desde el siglo XIX. El combate aéreo ha sido por tradición un arte y ciencia en la campaña militar en que se han medido a muerte muchos hombres que a lo largo de los años ha llevado consigo innumerables historias de guerreros que venciendo la gravedad y el miedo cumplieron con la tarea de buscar la gloria para sus países a través de la conquista del aire.

La evolución de los cazas ha demostrado que no hay límites en tecnología, costos e ingenio de sus diseños. Desde el caza británico Sowith Camel, quizá el mejor en la Primera Guerra Mundial, hasta el F-22, considerado hoy en día como el avión de combate más moderno del mundo, comparten todavía algo en común: su alta maniobrabilidad en el combate.

En teoría, un avión de Superioridad Aérea es un caza fabricado y destinado para penetrar en un espacio aéreo enemigo y ejercer control total sobre este, manteniendo a salvo el propio, junto con la intervención de los demás componentes integrales de la superioridad. Los cazas han sido diseñados históricamente con la mayor capacidad tecnológica que la época pueda proporcionar, con visión futurista y con una enorme capacidad letal que le permite eliminar cualquier amenaza que se le interponga y que garantiza a la vez la propia supervivencia.

Los cazas deben ser ligeros, rápidos, inestables⁹, precisos, confiables y polivalentes¹⁰. A pesar de oposición de los generales y almirantes durante la Primera Guerra Mundial al desarrollo independiente de la aviación, los países han hecho del Poder Aéreo una capacidad de disuasión para contener y amenazar cualquier riesgo. Entre los ejemplos de innovación del Poder Aéreo que se han visto a lo largo de la historia están "pilotos de la armada, tales como John Towers [que] veían la necesidad de que los portaaviones aseguraran la Superioridad Aérea sobre la flota" (Meilinger, 1996, p. 4). Por consiguiente y desde entonces, la misma necesidad de buscar la

ventaja militar sobre el enemigo comenzó a definir la Superioridad Aérea como fundamental para la conducción de las operaciones navales.

Más adelante, en la Segunda Guerra Mundial, en la Guerra de Corea (1950-1953), de Vietnam (1955-1975) y mucho más tarde en la Guerra de Irak (2003-2011), el concepto evolucionó tanto, que se aprendió a verlo constituido en eje fundamental y necesario para cualquier campaña. Desde los cazas Albatros D-II y el Fokker Dr. I del Barón Rojo a los F-22, F-35, Rafale, F-15, F-16, Gripen, Eurofighter, J-20, MIG-35, SU-30, entre muchos más de última generación, que poseen en general las mismas características citadas anteriormente, con algunas diferencias entre unos y otros.

Estos cazas se convierten en el aire en el ave al acecho (Mets, 2017), que desde lo alto de un escudo nacional se lanza en cacería sobre otras aves que pretendan ingresar a su espacio. De esta manera, se explica cómo una aeronave de caza, con una gran capacidad de maniobra aire-aire, dotada con tecnología de detección y armamento letal, está diseñada para la búsqueda y destrucción del enemigo en el aire y por consiguiente cumplir con el objetivo de la defensa a partir de la obtención de la Superioridad Aérea.

Un avión de caza es una aeronave de extraordinarias capacidades. Debe tener todas las cualidades que requiere una Fuerza Aérea para pelear por su defensa con la obtención de la Superioridad Aérea. La mayoría de las cualidades que un cazador debe poseer están contenidas en las características del Poder Aéreo y Espacial (Fuerza Aérea Colombiana, 2016, pp. 85-87): precisión, perspectiva, velocidad, alcance, maniobrabilidad, movilidad, respuesta,

⁸ Traducción al español por los autores del presente artículo.

⁹ La capacidad de inestabilidad les permite a los aviones de combate realizar maniobras bruscas e instantáneas en cualquier momento, sin afectar su centro de gravedad entre otros. Una ventaja que no poseen otros aviones convencionales.

¹⁰ El concepto polivalente hace referencia a varios usos y funciones que se le pueden asignar a los aviones de caza; como patrulla aérea, ataque aire-tierra, escolta, etc.

autonomía limitada, capacidad de carga y aplicación de tecnología. La lista permite ver la necesidad de tener, dentro del inventario de armas, aeronaves de combate con las cualidades necesarias para cumplir la tarea en el aire de neutralizar cualquier agresión.

Algunos cazas como los sweepers, es decir, barreadores, tienen la misión de barrer con todo lo que se encuentre en el cielo, es decir, limpiar cualquier defensa aérea enemiga. También tienen la obligación de defender las fuerzas propias de cualquier interferencia, y para cumplir esa tarea deben estar dotados básicamente de radares de adquisición. Asimismo, los radares de tierra o los radares de alerta temprana de plataformas aéreas le permiten extender su vigilancia complementado y amplificando los ojos de su propio radar.

Originalmente su designación es avión de caza y su función desde la Segunda Guerra Mundial precisamente era la de cazar otros aviones de cualquier tipo (Douhet, 1936, p. 63). Una vez inició este concepto y capacidad dentro de la Superioridad Aérea, los desarrollos siguieron de la mano de la velocidad, armamento, maniobrabilidad y mejor rendimiento. “Los aparatos de caza recibieron entonces la misión de batir los aviones enemigos y proteger los propios contra los cazas enemigos” (Douhet, 1936, p. 63), y para ello los misiles han sido uno de los mejores desarrollos tecnológicos de la aviación de combate, ampliando, por ejemplo, el alcance de sus armas y aumentando el nivel de supervivencia de pilotos y máquinas.

Más adelante, a finales de los años cincuenta, Estados Unidos marcaba la pauta en la utilización de los misiles de aire-aire (AAM) en los combates aéreos, lo que replanteó el mismo combate aéreo cercano o de encuentro. A partir de innovaciones como esa, los efectos de la aviación han sido exponencialmente superiores a los demás poderes. Los misiles aire-aire acompañaron a los misiles aire-tierra, y ambos, con diferentes tipos y alcances, en la Guerra del Golfo permitieron ver el nuevo escenario del combate aéreo a largas distancias.

La tecnología de hoy permite evaluar el alcance de las capacidades de un Escuadrón de Superioridad Aérea, y en consecuencia su grado de ventaja so-

bre el enemigo. La quinta generación constituye el mayor potencial aéreo capaz de enfrentar amenazas y buscar la supervivencia. Las naciones ricas y poderosas pueden acceder a este potencial, abriendo la brecha con respecto a los otros países del mundo; sin embargo, eso no excusa a la hora de proteger una nación. Tener poder aéreo es costoso, mantenerlo aún más, pero no tenerlo es lo peor en costos. Si se posee el suficiente y necesario poder aéreo para alcanzar la superioridad aérea prevista, el comandante en tierra y superficie deben sentirse seguros, protegidos y con total libertad de ejecutar sus operaciones (Air University, 2015).

Aviones bombarderos: de la masa a la precisión

Su concepción data de la época de la guerra Ítalo-Turca (1911-1912), en donde la historia cuenta sobre el que pudo ser el primer bombardeo efectuado desde una aeronave contra un objetivo en tierra. Lo realizó el Teniente Gayoti, “quien dejó caer cuatro bombas a una altura de 800 metros sobre un campamento turco” (Revista Sucesos, s.f., p. 52), durante la invasión italiana a la región otomana de Tripolitania en 1911.

En la Primera Guerra Mundial, el monopolio de los bombardeos corrió por cuenta de los alemanes. Sin embargo, en la Batalla del Somme, quizá una de las más sangrientas durante la guerra y que cobró la vida a un millar de hombres entre franceses, británicos y alemanes, la aviación inglesa lanzó 17 mil 600 bombas a objetivos enemigos alemanes (Revista sucesos, s.f., p. 86), en lo que se constituyó en la mayor la operación de Apoyo Aéreo Cercano en su época.

En la Gran Guerra, el Mayor General Benjamín Foulois dijo “siempre tuvimos ideas sobre el uso de los aviones como armas ofensivas, lo que era contrario, por supuesto, a la política militar de la época”¹¹ (Kennett, 1991, p. 69). Después de la Segunda Guerra Mundial, los aviones destinados a los bombardeos fueron del mayor nivel estratégico de la guerra y parte integral del concepto del Dominio del Aire de Douhet y Mitchel. Para el primero, lo que importaba era la destrucción del Poder Aéreo enemigo en

su territorio, mientras que Mitchel ampliaba aún más este concepto con el empleo de los aviones de persecución junto con los de bombardeo y los de ataque (Mets, 2017). Lo cierto es que la capacidad de destrucción en masa de los bombardeos en la Segunda Guerra Mundial, fue la pauta para mover la balanza en diferentes momentos de la guerra, sin dejar de considerar el alto nivel de mortandad que llegaron a generar.

Durante esa misma guerra, los bombardeos a ciudades (Londres, Hamburgo, Hiroshima y Nagasaki), fábricas e instalaciones enemigas, entre otros lugares, generaron la destrucción del enemigo y el terror en la población, así como la obtención del Dominio del Aire según el concepto de Douhet (Douhet, 1987), lo que dio la razón al General Benjamín Foulois sobre el uso de los aviones en la guerra.

Por otra parte, los bombardeos atómicos sobre Hiroshima y Nagasaki redefinieron el concepto del Poder Aéreo incluso más allá de la Superioridad Aérea: la Supremacía Aérea, que a diferencia de la superioridad, es de carácter permanente en un teatro. Asimismo, un Bombardeo Estratégico en el área de ultramar de los Estados Unidos realizado por un *Superfortress* B-29 rediseñó también las nuevas reglas de comportamiento geopolítico a futuro entre Oriente y Occidente. Y en materia de aviación, los nuevos diseños llevaron a la tecnología a producir aeronaves de gran capacidad, como el americano B-52 *Stratofortress* o el soviético Tupolev TU-95, para los inicios de la década de los años cincuenta y la Guerra Fría, hasta el supersónico B-1 empleado en Yugoslavia, Afganistán e Irak. Además, está la línea de bombarderos representativos de la “mutua destrucción asegurada”¹², como el furtivo B-2 de los años noventa, utilizado en Kosovo, Irán y Afganistán, y por el lado ruso, el Tupolev TU-160, que demuestran el impresionante desarrollo del ataque aéreo a partir de los bombarderos. Por otro lado, cabe señalar que un TU-160 fue el avión que pocos años atrás voló sobre el espacio aéreo colombiano y produjo la reacción de la Fuerza Aérea Colombiana por su desafiante trayectoria de vuelo (García, 2014).

Aún más que la Superioridad Aérea, estos bombarderos de la era contemporánea transformaron la disuasión de una simple teoría en una estrategia de la disuasión. Para el francés Beaufré, el primero de sus cinco modelos de estrategia total fue la amenaza directa, en la que por la sola amenaza y advertencia (disuasión), un potencial enemigo deberá aceptar las restricciones impuestas por quien tiene capacidad nuclear, o renunciar a cualquier deseo geopolítico sobre el mismo (Carver, 1992). Esto implica la necesidad de tener los medios más poderosos para contener cualquier amenaza, o lanzar un ataque de magnitud nuclear.

El avance significativo del bombardeo desde las primeras cuatro bombas por aquel avión italiano en 1911, a las bombas de gran tonelaje PGM¹³, LGB¹⁴, IR¹⁵ y guiadas por televisión¹⁶, lanzadas por aeronaves supersónicas de tecnología *stealth*¹⁷, es el reflejo de una capacidad del Poder Aéreo para alcanzar la Superioridad Aérea a través de medios con capacidad letal de destrucción de un enemigo potencialmente igual o hasta superior.

¹¹ “We always had ideas about using the airplanes as offensive weapons, which was contrary, of course, to military policy at the time”. Traducción nuestra.

¹² A partir de la Guerra Fría, el concepto de Destrucción Mutua Asegurada (MAD) fue una doctrina militar sobre el principio en el cual, si un país poseía capacidades nucleares para atacar otro país con iguales capacidades nucleares, era de esperarse que el resultado de esto sería la mutua destrucción nuclear para ambos.

¹³ PGM: precision-guided bomb (bomba guiada de precisión).

¹⁴ LGB: laser-guided bomb (bomba guiada por láser)

¹⁵ IR: Infra-red (infra rojo).

¹⁶ Bombas guiadas por televisión.

¹⁷ Stealth: aeronaves tripuladas y no tripuladas, que han sido diseñadas con tecnología capaz de absorber y desviar las radiaciones radáricas y se convierten en indetectables a los sensores de tierra y aire.

Aviones de vigilancia, inteligencia, alerta y reconocimiento: el Cóndor vuela de día y de noche sobre su territorio

En la actualidad hay muchos aviones de los que se puede hablar en relación con la capacidad de vigilancia, inteligencia, alerta y reconocimiento. Los que han existido han sido estratégicamente claves en el dominio y control del aire. De hecho, puede haber muchas más tareas para aquellos cuyo diseño ha tenido modificaciones necesarias para convertirlos en plataformas extraordinarias de mayor alcance y capacidades.

La historia ha mostrado el ingenio en la transformación de plataformas aéreas para desempeñarse en muchos roles más allá de su diseño original de transporte y movilidad. Durante la década de los años cincuenta, el Lockheed L-1049 *Super Constellation* fue el primer avión con modificaciones para servir como aeronave de alerta temprana, vigilancia y algunas versiones de inteligencia. Su designación militar fue la de EC-121 *Warning Star* y prestó sus servicios por dos décadas en la USAF y Armada americana. Esta versión tenía dos radomos¹⁸ instalados sobre la aeronave, cada uno en la parte superior e inferior. La misión principal de este vigía era la de servir como alerta temprana en misiones de detección de ataque o bombardeo soviético en los inicios de la Guerra Fría. Asimismo, participó en operaciones durante la guerra de Vietnam, y sin duda alguna su intervención en la búsqueda de la Superioridad Aérea es inobjetable, más cuando en su época se sucedió la crisis de los misiles entre Estados Unidos y la Unión Soviética, en la que el primero llegó a tener una capacidad abrumadora de “1000 misiles Minuteman y 54 Titán del tipo ICBM¹⁹ y una flota de 41 submarinos del tipo Polaris, armados cada uno con 16 SLBM²⁰ (Macisaac, 1992, p. 656).

También hay que hacer mención de lo que representa una aeronave como el U-2 en la Superioridad Aérea para un país y más en una situación tan complicada como la de aquella época. “El día 16 de octubre de 1962 el presidente de Estados Unidos, John Fitzgerald Kennedy, fue informado de la reacción soviética. Dos días antes, un avión espía estadounidense U-2 había descubierto la construcción de

bases de misiles soviéticos en Cuba” (Herrera, 2015, p. 17). Las capacidades de este tipo de aeronaves fueron sorprendentes para su época, pudiendo volar a grandes altitudes por largos periodos de tiempo y realizar aerofotografías sobre los países de la cortina de hierro especialmente.

Adicionalmente hubo una aeronave que, por su diseño, quizá simboliza el concepto de Vigilancia y Alerta Temprana: el E-3 *Sentry*, configurado sobre la base de un Boeing-707. Esta plataforma fue la generadora del concepto AWACS (Airborne Warning and Control System)²¹. El *Sentry* poseía un domo de radar giratorio sobre su fuselaje, con capacidad de alcance radar de más de 200 millas, y capaz de rastrear aviones amigos y enemigos a diferentes niveles de altitud. Operó con la USAF y la OTAN (Pike, 2000) y su participación más destacada sin duda fue en la guerra Tormenta del Desierto (1990-1991) a la hora de guiar los aviones hacia la batalla. Haber visto esta majestuosa aeronave volando da mucha claridad sobre el concepto, efecto y significado de Superioridad Aérea.

Las plataformas de vigilancia, alerta e inteligencia, y hasta las de Comando y control, producen efectos significativos en ambos bandos, puesto que, por un lado, amplían las capacidades de Control del espacio aéreo, y por el otro lado lo limitan. Esta capacidad, en compañía de toda una serie de aviones de ataque, aire-aire, EW (en adelante EW por sus siglas en inglés), etc., aumenta indudablemente los efectos en la Superioridad Aérea, algo necesario hoy y en el futuro para cualquier país.

¹⁸ Protector que cubre la antena sin que esta pierda sus propiedades y características. El radomo tiene formas aerodinámicas que permiten la operación normal de la aeronave.

¹⁹ Intercontinental Ballistic Missile.

²⁰ Sea Launched Ballistic Missile.

²¹ Sistema de Alerta y Control Aerotransportado por sus siglas en español.

Sistema antiaéreo y radares: control del espacio aéreo; el Cóndor vigilante y listo a atacar

Los radares hicieron su aparición antes de la Segunda Guerra Mundial (Hernández, 2011, p. 53). Alemanes y británicos se disputaron la carrera por el desarrollo de los detectores de ondas. A pesar de los adelantos de Alemania desde 1934, Inglaterra tomó la delantera con la construcción de torres metálicas en sus costas (Hernández, 2011, p. 54), destacando al físico inglés Robert Watson-Watt, quien tenía la tarea de desarrollar la capacidad de localizar la posición de los aviones en vuelo por medio de las ondas de radiofrecuencia.

De todos modos, los alemanes simultáneamente lograron colocar radiolocalizadores de sencilla fabricación desde Cabo Norte hasta el golfo de Vizcaya. Habían “dispuesto una cadena de instalaciones radiolocalizadoras para proteger los cielos del Reich de las incursiones aéreas aliadas” (Hernández, 2011, p. 58), bajo el comando de Hermann Goering, jefe de la Luftwaffe.

Un caso de interés se presentó en este escenario de la primera guerra electrónica entre alemanes e ingleses. Entre el 2 y el 4 de agosto de 1939, los alemanes intentaron, por medio del dirigible *Graf Zeppelin II*, averiguar acerca de las características de los radares ingleses, simulando una falla que los obligaba a mantenerse en cercanías a la frontera. Los británicos, por su parte, supieron astutamente de las intenciones alemanas y simplemente apagaron sus equipos, evitando la intención del adversario. Esto ocurría a pocos meses del inicio de la Segunda Guerra Mundial (Hernández, 2011, p. 55).

Pero no todo el crédito es para los británicos. Durante la misma guerra, en una misión de bombardeo sin escolta a los buques del puerto de Wilhelmshaven y a cien kilómetros de las costas alemanas, los aviones ingleses fueron detectados y atacados por cazas alemanes, lo que obligó a la retirada. Esto demostró una vez más los efectos estratégicos de la vigilancia y alerta temprana a partir de los radares: un desarrollo que creció a un ritmo acelerado hasta convertirse hoy en una imperiosa necesidad de mantener vigilado el espacio aéreo en tiempos de paz y de guerra.

El concepto de control del espacio aéreo, como objetivo primario del comandante aéreo para la ejecución de las prioridades durante la guerra o las campañas, la protección de un teatro de la guerra²² o un teatro de operaciones²³, está establecido en el Manual de Doctrina de la Fuerza Aérea Colombiana (2016, p. 82). Este control solo puede ser ejecutado a través de la vigilancia aérea, es decir, la instalación y despliegue de radares de manera estratégica, que permitan vigilar el propio territorio y más allá de las fronteras.

Una Fuerza Aérea dotada de estas capacidades podrá ver sobre los valles, las montañas, los mares y ríos de su propia geografía y la de la vecindad, ya que en general esta capacidad del Poder Aéreo, “(...) elimina la necesidad de confrontar los accidente 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). Con la ayuda de radares, la aviación militar ha progresado enormemente, tanto, que el beneficio ha llegado a la aviación comercial, lo que se conoce como tecnología de doble uso o dual (Enger, 2013, p. 15).

La invención de los radares y sistemas de comando y control C2 muestra que han evolucionado cada vez más con mejores y mayores avances tecnológicos, y demuestran claramente la importancia tecnológica de la industria de defensa para la aviación en general. De hecho, es la industria de defensa la que tradicionalmente aporta con mayor capacidad al desarrollo industrial de los países, lo que se puede evidenciar sobre todo en los industrializados. Sin embargo, no es para menos que este modelo deba ser implementado de manera oportuna por cualquier otro país.

²² Teatro de la Guerra hace referencia a la totalidad del territorio de los países en conflicto.

²³ Teatro de Operaciones se refiere a un área geográfica específica del Teatro de la guerra donde se desarrolla un conflicto, bien sea regular o irregular. Puede ser definido por límites geográficos, por un Gobierno o por determinación de los contendientes, a fin de no afectar, por ejemplo, a la población civil.

Además, quien posee las capacidades y quien vigila por encima de las limitaciones topográficas, de curvatura de la tierra y hasta altitudes superiores, tiene la posibilidad de prevenir ataques y proteger de ellos a los poderes navales y terrestres, contribuyendo a la Superioridad Aérea a través de una oportuna vigilancia de los objetivos nacionales propios, es posible mantener un alto grado de protección bajo la cobertura de los radares. En todo caso, anticipar amenazas, pero también favorecer a los intereses económicos de la industria aeronáutica nacional. Por ello, en lo que respecta a vigilar y controlar el espacio aéreo:

el objetivo primordial de la Fuerza Aérea es derrotar o neutralizar a las fuerzas aéreas enemigas de modo que las operaciones de la ofensiva terrestre, en el mar o en el aire, puedan realizarse según lo planeado, mientras que los centros vitales y fuerzas militares propias permanezcan a salvo de un ataque aéreo del adversario (Meilinger, 1996, p. 56).

Lo importante de esto es lograr la sinergia en la campaña con otros elementos del poder, capaces no solo de vigilar el espacio sino además de neutralizar las amenazas cuando son detectadas e identificadas. Adicionalmente, en el mundo moderno es necesario poseer capacidades ciberespaciales que coadyuven al incremento de las que se poseen, esto es, comunicaciones, redes de informática y acceso al espectro electromagnético.

Por otra parte, John A. Warden III plantea dos formas de Superioridad Aérea: ofensiva y defensiva (Warden, 1988, p. 14). Precisamente, los sistemas aire-tierra según el autor, forman parte de la Superioridad Aérea Defensiva, y es lógico que desde su óptica se pueda entender así si ocurren dos condiciones: primero, que nuestra propia fuerza sea incapaz de operar contra el enemigo, a la vez que este sea también incapaz de actuar sobre cualquier parte de nuestro territorio, y segundo, que nuestro Estado tenga la capacidad de poseer sistemas aire-tierra que produzcan desde allí la Superioridad Aérea que haga incapaz al enemigo de cruzar nuestro cielo (Warden, 1988, p. 14)

El Interés Nacional por la Superioridad Aérea

En las dos secciones anteriores se analizaron, primero, la importancia del Cóndor de los Andes y lo que simboliza para la Superioridad Aérea su presencia sobre el escudo nacional, y segundo, los efectos de la superioridad a través de unos componentes integrales. Ahora es necesario, sobre la base de lo descrito, resaltar la Superioridad Aérea como parte del Interés Político Nacional.

Lo que se busca explicar en este apartado, es, como afirma Douhet (1936) que:

la nación que sostiene el Dominio del Aire y dispone de una fuerza ofensiva conveniente, puede, pues, mantener su territorio y sus mares al abrigo de ataques aéreos y privar a la aviación enemiga de la posibilidad de intervenir en las operaciones del mar y tierra. Al propio tiempo se encontrará en condiciones de ejecutar acciones ofensivas que no provocarán reacciones, tales como cortar las bases de la marina y del ejército y producir en el interior del país enemigas destrucciones de todo género. (p. 48)

Aunque en Colombia no está definido jurídicamente el término Interés Nacional, una definición tomada del Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional de España, la entiende “como una preocupación natural y/o general, así como tener un derecho objetivo sobre algo (...), como la defensa y promoción de objetivos naturales y esenciales de un Estado en el área política, económica, social y cultural” (Herrero, 2010, p. 19).

Para el autor colombiano José Manuel Álvarez Zárate, el Interés Nacional es “un concepto inasible usado en diferentes ámbitos: para describir, y para prescribir la política exterior de un país” (Álvarez, 2003, p. 157). Este autor le da sentido a su definición a partir de las relaciones internacionales de los Estados, es decir, la protección en todo sentido de los nacionales dentro de las fronteras.

Además de lo anterior, Álvarez menciona que “los Estados quieren una combinación de poder, segu-

ridad y riqueza (...) Algunos países solamente buscan, como en el caso colombiano, mayores niveles de bienestar para sus ciudadanos” (Álvarez, 2003, p. 160). Su apreciación es interesante y posiblemente muy cierta, puesto que en el país tales intereses no están debidamente descritos en ninguna parte, por lo que podría pensarse que hasta el mismo Poder Aéreo podría quedar sin razón de llegar a ser parte de ellos por su tradición pacifista. Por el contrario, es la mejor oportunidad para acordarlos, publicarlos y aplicarlos con visión futurista, ya que Colombia incluso ha perdido territorio en los estrados judiciales. El país necesita fortalecer su seguridad y defensa en toda la extensión del territorio, y también es necesario que la industria aérea contribuya al desarrollo económico del país.

Douhet escala el Dominio del Aire²⁴ (1987) a una decisión de la Nación, por el deber de poseerlo en el primer orden²⁵ a través de una fuerza con la suficiente contundencia para equilibrar la balanza a favor en una campaña. Como efecto de lo anterior, la Superioridad Aérea permitirá las operaciones de mar y tierra, y frente a esto, el enemigo, al no poder responder a este dominio adquirido, estará privado de desarrollar cualquier tipo de operación.

La Superioridad Aérea, entonces debe ser considerada desde el tomador de decisiones como el principal objetivo en paz y en guerra. Según Douhet (1936),

para asegurar la defensa nacional es necesario y suficiente ponerse en condiciones de conquistar en caso de conflicto del Dominio del Aire. Todo lo que una nación está dispuesta a hacer para asegurar su defensa, debe tender a dotarla de los elementos que, en caso de conflicto, le aseguren el Dominio del Aire (p. 48).

La preocupación global por la seguridad ha hecho que los gobiernos hagan replanteamientos con respecto a lo propio en sus naciones, generando “profundos cambios estructurales (...) y a plantearse la modificación de su papel en la nueva situación” (Escrigas, 2010, p. 41). Sobre la base del Poder Militar, la Superioridad Aérea retoma importancia en las relaciones internacionales, toda vez que las amenazas geopolíticas y geoestratégicas en el mundo ordenan esos replanteamientos serios sobre la so-

beranía de los Estados. Lo anterior, de acuerdo con Sanz (2019), debe entenderse en el sentido de que,

toda nación madura desde el punto de vista de la seguridad debe tener diseñadas unas políticas de carácter estratégico cuyo objetivo debe ser alcanzar, sostener o apoyar aquellos fines o intereses designados explícitamente como vitales o que probablemente se consideren como tales en el caso de que se encuentren amenazados. (p. 77)

Desde las guerras de principios del Siglo XX, el Poder Aéreo ha jugado un papel crucial en las mismas, al punto de que la lección principal durante el mismo periodo es que ninguna guerra puede ser llevada sin los tres poderes militares juntos. Sin embargo, el Poder Aéreo conlleva un esfuerzo principal al inicio de las operaciones, tal como lo han demostrado las guerras contemporáneas. Los atributos de velocidad, largo alcance, respuesta rápida, intensidad tecnológica, potencia de fuego de precisión y efecto de choque (sin consideración de las fronteras y las líneas costeras), han hecho del Poder Aéreo un componente principal del Poder Militar nacional de un Estado. El concepto arcaico de las operaciones con el “apoyo”²⁶ desde el aire ha quedado en un pensamiento estratégico que solo fue viable en las primeras décadas del siglo XX.

Durante la Guerra del Golfo, la campaña aérea de varios días concentró combatientes tácticos terrestres, aviones de portaaviones y bombarderos de largo alcance en una intensa campaña para destruir la capacidad de Irak para luchar eficazmente. Después de la campaña aérea, las fuerzas terrestres de la coalición completaron la derrota de una fuerza de 42 divisiones en aproximadamente 100 horas, con menos de 100 estadounidenses muertos y heridos.

²⁴ Entiéndase que el Dominio del Aire se ha interpretado como la Superioridad Aérea. Se respeta el concepto del autor, pero el énfasis es simplemente conceptual.

²⁵ Hay que recordar que la Superioridad se ha tratado como el primer objetivo para alcanzar en las campañas.

²⁶ Considerar en el siglo XXI a la aviación como arma de “apoyo” es un error estratégico porque se pone en riesgo el éxito de una guerra y la supervivencia de un país si no se usa el Poder Aéreo en su nueva y novedosa concepción al inicio de cualquier operación.

Este ejemplo de Superioridad Aérea aplicado a Colombia puede dejar enseñanzas al tomador de decisiones, en caso de una eventual necesidad de defender los intereses nacionales frente a las amenazas internas y externas, para decidir políticamente el camino de la supervivencia del Estado sobre la tranquilidad de un Poder Militar suficientemente poderoso para contener las adversidades.

Hay autores contemporáneos como Martin Van Creveld (2011) que insisten en que el Poder Aéreo tiene poco que aportar en el desarrollo de las guerras intra-estatales y que la prevalencia de tales conflictos desde el final de la Guerra Fría ha dejado al Poder Aéreo moderno como una reliquia del pasado. Sin embargo, el solo hecho de que el Poder Aéreo haya neutralizado las principales amenazas terroristas en Colombia permitió la reducción sistemática de la amenaza, lo que demuestra claramente el beneficio de contar con un Poder Aéreo lo suficientemente capaz de enfrentar al adversario.

Por lo anterior, el Poder Aéreo se ha convertido en el gran facilitador que permite que todas las fuerzas terrestres, marítimas y de operaciones especiales optimicen sus contribuciones a la seguridad nacional. Sin Superioridad Aérea, las operaciones aéreas y de superficie serían extremadamente peligrosas, ya que, sin un puente aéreo rápido, la respuesta oportuna a las crisis sería prácticamente imposible.

En este orden de ideas, el desafío clave para Colombia es reconstruir una fuerza aérea eficiente e inteligente, que garantice las competencias centrales del Poder Aéreo, es decir, la Superioridad Aérea, para lograr el dominio en el aire que permita proteger a la nación, sus activos y sus ciudadanos. El poderío aéreo, en medio de una evolución tecnológica y filosófica, debe ser el instrumento estratégico para elegir en el inicio de las campañas militares, y para ello se requiere de los medios adecuados para responder a las exigencias de la guerra.

Por lo anterior, se podría decir que el Poder Aéreo se convirtió en el elemento de fuerza dominante en la mayoría de las circunstancias de la guerra. Según Douhet, "La defensa nacional no puede ser asegurada más que por Fuerza Aérea apta para conquistar, en caso de conflicto, el dominio del aire" (Douhet, 1987, p. 40). La Superioridad Aérea desde la Segunda Guerra Mundial ha proporcionado a las fuerzas de tierra la libertad de operar sin ser acechadas

desde arriba. Ahora, a través de una combinación de desarrollo tecnológico y astutos conceptos de operaciones, podría convertirse en un elemento fundamental del poder nacional.

Hoy en día, los sistemas de armas aéreas prometen generar cambios aún más dramáticos en el campo de batalla, ampliando la brecha entre aquellos Estados que los poseen y los que no. Esto implica que la clave para garantizar la seguridad nacional de Colombia es equipar adecuadamente a nuestra Fuerza Aérea con los sistemas de armas para futuras operaciones aéreas.

Conclusiones

El objetivo fundamental del presente artículo era contextualizar la importancia de la Superioridad Aérea para una nación como Colombia, lo cual intentó demostrarse con la descripción de la evolución significativa que ha tenido el Poder Aéreo desde su invención, que ha sido rápida, significativa y diferencial entre quienes lo poseen y los que no. Más aún cuando su independencia del poder terrestre y marítimo desde el siglo anterior le ha permitido, gracias a su velocidad y alcance, ir más allá de sus antecesoras y alcanzar el escenario tridimensional como solo la capacidad aérea lo permite, así como la Superioridad Aérea como el objetivo primario por alcanzar en un Teatro de la Guerra o Teatro de Operaciones. Esta es la mayor demostración de Poder Aéreo que una Fuerza Aérea y un país pueda poseer.

A lo largo de las guerras el concepto de Superioridad Aérea ha permanecido como lo fundamental y lo primero por alcanzar para permitir las demás operaciones. La doctrina de empleo, medios y tecnología ha modificado y mejorado las posibilidades de obtener la superioridad, pero también ha hecho que las guerras y las campañas sean cada vez más difíciles de ganar.

Más allá de la mística, el Cóndor de los Andes que posa sobre el Escudo Nacional simboliza una tradición aeronáutica colombiana que a través de la historia ha demostrado ser decisiva en su vida de guerra y paz. Tanto en los conflictos internos y externos en que Colombia ha tenido que participar, el Poder Aéreo ha sido fiel al lema del Libertad y Orden que el Cóndor protege con sus garras. Esta majestuosa ave

representa para los aviadores la conducción de las operaciones aéreas necesarias que salvaguarden la soberanía nacional.

La tecnología a través de la historia ha desarrollado sistemas que proporcionan a una nación los medios para alcanzar la Superioridad Aérea, más allá de los aviones de combate. Por ejemplo, los sistemas aire-tierra, radares, aviones tanqueros y muchos más componentes, que no solo fortalecen la capacidad aérea de una Fuerza, sino que además, al aplicarse sobre territorio enemigo, producen los efectos necesarios de superioridad.

Por lo anterior, la Superioridad Aérea se constituye como un interés político nacional necesario para mantener la soberanía y supervivencia de la nación. El tomador de decisiones políticas debe entender que, como el Cóndor, debe ver el territorio colombiano desde arriba para entender la grandeza de su tamaño y la belleza de su patria. Pero sobre todo, ver y entender la obligación de mantener la libertad de cada uno de sus habitantes que en primera instancia son protegidos desde el cielo que al mar y a la tierra.

Referencias

- Air University (2015, Octubre). *First and Most Important: Air Superiority in the Joint Force*. Obtenido de <http://www.airuniversity.af.mil/News/AUTV/video/430186/>.
- Álvarez, C., Santafé, J. y Urbano, O. (2017). *Metamorphosis Bellum: ¿Mutando a Guerras de Quinta Generación?*. En Álvarez, C. (ed), *Escenarios y Desafíos de la Seguridad Mutidimensional en Colombia* (pp. 145-248). Bogotá: Ediciones Esdegue.
- Álvarez, C., Murillo, S., Hernandez, J. y Urbina, J. (2019). El Poder Espacial y la Seguridad Mutidimensional. En Álvarez, C. y Corredor, C. (eds), *El Espacio Exterior: Una Oportunidad Infinita para Colombia* (vol. 1, pp. 19-82). Bogotá: Ediciones Esdegue.
- Álvarez, J. (2003). *El Interés Nacional en Colombia*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Cancillería. (2018, Marzo). *Simbolos patrios y otros datos*. Obtenido de Cancillería: <http://www.cancilleria.gov.co/colombia/nuestro-pais/simbolos>

- Carver, M. (1992). La Guerra Convencional en la era nuclear. En P. Paret, *Creadores de la Estrategia Moderna. Desde Maquiavelo a la Era Nuclear* (p. 969). Madrid: Ministerio de Defensa. Centro de Publicaciones.
- Douhet, G. (1936). *La Guerra del Aire*. Bogotá: Talletres Mundo al día.
- Douhet, G. (1987). *El Dominio del Aire*. Madrid: Instituto de Historia y Cultura Aeronáutica.
- Enger, S. (2013). *Dual-Use Technology and Defence-Civilian Spillovers: Evidence from the Norwegian Defence Industry*. Obtenido de https://pdfs.semanticscholar.org/946e/98c-2c6e3350ed27b3d8fc63fe478b91785d.pdf?_ga=2.238005381.486484208.1572731331-586530143.1572731331.
- Escrigas, J. (2010). Análisis comparativo del concepto de Interés Nacional. En CESEDEN, *Evolución del concepto de Interés Nacional* (pp. 41-73). Madrid: Ministerio de Defensa.
- Fuerza Aérea Colombiana (2016). *Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial, cuarta edición*. Bogotá: Jefatura de Educación Aeronáutica-Centro de Doctrina Aérea y Espacial.
- García, R. (2014). Así fue como aviones Kfir C-10 de la FAC interceptaron los bombarderos rusos TU-160. Obtenido de <http://www.webinfomil.com/2013/11/Kfir-TU-160-Russia-Colombia.html>.
- Hernández, J. (2011). *Operaciones Secretas de la Segunda Guerra Mundial*. Madrid: Ediciones Nowtilus, S.L.
- Herrera, J. (2015). *El Mundo Escindido. Historia de la Guerra Fría*. ND: Punto de Vista Editores.
- Herrero, R. (2010). El Concepto de Interés Nacional. En CESEDEN (ed.), *Evolución del Concepto de Interés Nacional* (p. 195). Madrid: Ministerio de defensa.
- Hunerwadel, J. (2006). El Método de Operaciones Basadas en Efectos (EBO). *Air & Space Power Journal*, ND.

Kennett, L. (1991). *The First Air War 1914-1918*. New York: Simon & Schuster.

Liang, Q., y Xiangsui, W. (1999). *Guerra Irrestriccta*. Beijing: PLA Literature and Arts Publishing House.

Lind, W. (2004). Understanding Forth Generation War. *Military Review*, 12-16.

Macisaac, D. (1992). Voces desde el azul del cielo: Los teóricos del Poder Aéreo. En P. Parret (ed.), *Creadores de la Estrategia Moderna: desde Maquiavelo a la era nuclear* (pp. 639-664). Madrid: Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica.

Meilinger, C. (1996). *Diez propuestas en relación con el Poder Aéreo*. Obtenido de <http://www.au.af.mil/au/afri/aspj/apjinternational/apj-s/1996/4trimes96/meilinger.html>

Mets, D. (2017, Mayo 28). *Matar a un Ave de Acecho: Alimento para su Lectura Profesional en la Superioridad Aérea y del Espacio*. Obtenido de <http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-s/2000/1trimes00/mets.htm>

OEA. (2003). *Conferencia Especial sobre Seguridad*. Ciudad de México: OEA.

Pike, J. (2000, Abril 23). *E-3 Sentry (AWACS)*. Obtenido de <https://fas.org/man/dod-101/sys/ac/e-3.htm>

Presidencia de Colombia (2018, Marzo 19). *Así es Colombia*. Obtenido de <http://wsp.presidencia.gov.co/asiescolombia/simbolos.html>

Revista Sucesos (s. f.). *La Historia de la Aviación*. Obtenido de <http://www.librosmaravillosos.com/lahistoriadelaaviacion/pdf/La%20Historia%20de%20la%20Aviacion%20-%20Revista%20Sucesos.pdf>.

Sanz, G. (2010). Intereses que afectan a la Soberanía Nacional. En CESEDEN, *Evolución del concepto de Interés Nacional* (pp. 77-108). Madrid: Ministerio de Defensa.

Warden III, J. (1988). *The Air Campaign, planning for combat*. Washington: National Defense University Press.



Tecnología e Innovación

Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria
Fundación Universitaria Los Libertadores

German Wedge Rodríguez Pirateque
Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica, CETIA - JEA

Estudio de las cualidades de vuelo y manejo de una aeronave tipo planeador para instrucción*

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 162-179

Citación: Castellanos, Y., y Rodríguez, G. (2019). Study of The Flying and Handling Qualities of a Glider-Type Aircraft for Instruction Purposes. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 162-179. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.639>

Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria

Ingeniero Aeronáutico.
jcastellanoss0214@outlook.es
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001740300
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6793-0187>

German Wedge Rodríguez Pirateque

Director Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica, CETIA - JEA.
Ingeniero Electrónico, Licenciado en Diseño Tecnológico, Especialista en Gerencia Educativa, Magíster en ingeniería Mecatrónica, Doctorando en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.
airwedge@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001464913
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8617-0558>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.639>

* Artículo de investigación, derivado del proyecto de investigación: "Estudio de las cualidades de vuelo y manejo de una aeronave tipo planeador para instrucción". Perteneciente a la colección "Ingeniería Aeronáutica [58]" bajo el código 2019-10-02T16:10:48Z.

Resumen

El objetivo de este artículo es hacer un estudio de las cualidades de vuelo y manejo de una aeronave tipo planeador para propósitos de instrucción. Para el desarrollo, un modelo dinámico es propuesto en pequeñas perturbaciones a fin de calcular el estado de equilibrio longitudinal en condiciones de vuelo subsónico. Con los datos del equilibrio longitudinal, fueron mostradas las ecuaciones de movimiento linealizadas para hallar los valores numéricos dimensionales y adimensionales de las derivadas de estabilidad y control aerodinámico a lo largo de los ejes longitudinal y lateral-direccional. Seguido, las funciones de transferencia características por perturbaciones y aceleraciones para la velocidad de mejor relación de planeo, son encontradas para calcular las respuestas de la aeronave en controles aerodinámicos. Finalmente, las respuestas de es-

tabilidad estática y dinámica fueron obtenidas, y así, las cualidades de vuelo y manejo fueron analizadas de acuerdo a los requerimientos estandarizados. Los resultados obtenidos son presentados a partir de coeficientes aerodinámicos, gráficas de Matlab® (Paso, impulso, rampa, diagrama de Bode y lugar de raíces), modos de estabilidad, curva de pendiente de sustentación de Rudder, punto neutro de controles fijos y el margen máximo de estabilidad permitido. De esta forma, el cálculo de estabilidad, los factores de influencia y sus efectos en las cualidades de vuelo y manejo de una aeronave tipo planeador fueron demostradas.

Palabras clave:

cualidades de vuelo y manejo, dinámica, estabilidad, estática, modos de estabilidad.

Tecnología e Inovação

Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria
Fundación Universitaria Los Libertadores

German Wedge Rodríguez Pirateque
Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica, CETIA - JEA

Estudo das qualidades de voo e manejo de uma aeronave tipo planeador para instrução*

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 162-179

Citación: Castellanos, Y., y Rodríguez, G. (2019). Study of The Flying and Handling Qualities of a Glider-Type Aircraft for Instruction Purposes. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 162-179. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.639>

Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria

Ingeniero Aeronáutico.

jcastellanoss0214@outlook.es

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001740300

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6793-0187>

German Wedge Rodríguez Pirateque

Director Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica, CETIA - JEA.

Ingeniero Electrónico, Licenciado en Diseño Tecnológico, Especialista en

Gerencia Educativa, Magister en ingeniería Mecatrónica, Doctorando en

Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.

airwedge@gmail.com

CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001464913

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8617-0558>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.639>

* Artigo de pesquisa, derivado do projeto de pesquisa: "Estudo das qualidades de voo e manejo de uma aeronave tipo planador para instrução". Pertencente à coleção "Engenharia Aeronáutica [58]" sob o código 2019-10-02T16:10:48Z.

Resumo

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo das qualidades de voo e manejo de um avião tipo planeador para a instrução. Para o desenvolvimento, propomos um modelo dinâmico com pequenas perturbações para calcular o estado de compensação longitudinal em condições de voo subsônico. Com os dados de recorte longitudinal, mostramos as equações de movimento alinhadas para encontrar os valores numéricos adimensionais e dimensionais da estabilidade aerodinâmica e as derivadas de controle ao longo dos eixos direcionais longitudinal e lateral. A seguir, encontramos as características das funções de transferência por perturbações e acelerações à melhor velocidade de relação de planar para calcular as respostas da aeronave nos controles aerodinâmicos. Finalmente, obtive-

mos as respostas de estabilidade estática e dinâmica; e assim, analisamos as qualidades de voo e manejo de acordo com os requisitos padronizados. Os resultados obtidos se apresentam a partir de coeficientes aerodinâmicos, gráficos da MatLab® (passo, impulso, rampa, diagrama de Bode e lugar da raiz), os modos de estabilidade, a pendente da curva de elevação do volante, o ponto neutro fixo de controle e a margem de estabilidade máxima permitida. Desta forma, mostramos o cálculo da estabilidade, os fatores que influem e seus efeitos sobre as qualidades de voo e manejo de um avião tipo planeador.

Palavras-chave:

dinâmica, qualidades de voo e manejo, estabilidade, modos de estabilidade, estática.

Technology and Innovation

Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria
Fundación Universitaria Los Libertadores

German Wedge Rodríguez Pirateque
Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica, CETIA - JEA

Study of The Flying and Handling Qualities of a Glider-Type Aircraft for Instruction Purposes*



CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 162-179

Citación: Castellanos, Y., y Rodríguez, G. (2019). Study of The Flying and Handling Qualities of a Glider-Type Aircraft for Instruction Purposes. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 162-179. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.639>

Yeinson Alfonso Castellanos Sanabria
Ingeniero Aeronáutico.
jcastellanoss0214@outlook.es
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001740300
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6793-0187>

German Wedge Rodríguez Pirateque
Director Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica, CETIA - JEA.
Ingeniero Electrónico, Licenciado en Diseño Tecnológico, Especialista en Gerencia Educativa, Magister en ingeniería Mecatrónica, Doctorando en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.
airwedge@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001464913
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8617-0558>

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.639>

* Research article based on a research project titled: "Study of flight and usability attributes of a glider-type aircraft used for instruction." Attached to collective "Aeronautical engineering [58]" under code 2019-10-02T16:10:48Z.

Abstract

The goal of this paper is to conduct a study on the flying and handling qualities of a glider-type aircraft used for instruction purposes. To develop this project, we propose a dynamic model where we introduce small disturbances to calculate the longitudinal trim state in subsonic flight conditions. Using longitudinal trim data, we showed the linearized equations of motion to find the dimensionless and dimensional numerical values for aerodynamic stability and control derivatives along the longitudinal and lateral-directional axes. After that, we found the characteristic transfer functions using disturbances and accelerations for the sake of the best glide ratio speed, in order to calculate the aircraft

responses in aerodynamic controls. Finally, we got the static and dynamic stability responses; and so, we analyzed the flying and handling qualities according to the standardized requirements. The results obtained are shown using aerodynamics coefficients, MatLab® graphs (step, impulse, ramp, Bode diagram and Root place), the stability modes, the rudder lift curve slope, the control fixed neutral point and the maximum permissible stability margin. In this way, we showed the calculation of stability, influencing factors and its effects on the flying and handling qualities of a glider-type aircraft.

Key Words:

Dynamics, Flying and Handling Qualities, Stability, Stability Modes, Static.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative-Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introduction

The dynamic and static stability characterize the flight behavior of aircraft. Although each one is usually studied separately, they must be studied together, where static stability is the description of the tendency to orient itself to its initial equilibrium condition due to a disturbance; and the dynamic stability is the description of the transcendence of a movement involved in the recovery of equilibrium due to a disturbance (Cook, 2012). For aircraft, is important to have both types of stability in order to be safe in a flight mission. However, the stability degree is determined by the controls effectiveness and the mission for which the aircraft was designed, allowing to qualify them by the flying and handling qualities standards.

The flying and handling qualities standards are technical requirements promulgated by the authorities for aircraft and their operation, encompassing airworthiness, operations, maintenance and crew requirements, providing a safety level in the limitations of the aircraft capabilities. Its content is consigned in MIL-STD-1797A (Standard, 1990), MIL-F-8785C (Holmberg J, Leonard J, King D, Cotting M, 2008) and Av.P.970 (Reeves, 1970) standards, which collect the knowledge obtained during decades of theoretical study and experimentation on land, flight and simulators (Tierno M, Cortés M, Márquez C, 2012).

The effectiveness of an aerial maneuver is given by the structural and aerodynamic configuration with the performance and power parameters, which are reduced by external and internal factors inducing high pressures to the pilot and the aircraft with negative responses in psychology, physiology and ergonomics, impairing the attitude to maintain a flight path.

Through engineering, flying and handling qualities allow the certification of any aircraft, therefore, knowing and interpreting them is useful in each of the design phases. With this article, progress can be made on the aircraft stability studies on linear be-

haviors with inputs and outputs by aerodynamic controls, as a support to advance in future studies with non-linear responses allowing developments in the design, manufacture and certification to the aeronautical sector.

This study was made for the glider-type aircraft *Schweizer SGU 2-22*, an American two-seater aircraft. Since the acquisition of the technical and geometric data, with the permissible speeds range, an aerodynamic analysis in *XFLR5*® was made to create a database with geometrical and aerodynamic information, and so, exemplification of a dynamic model in *MatLab*® was possible to calculate the trim conditions, aerodynamic stability and control derivatives, transfer functions, responses to controls by perturbation and acceleration variables, and the longitudinal and lateral-directional oscillation modes from a straight and level flight state were found.

In this order, the results and conclusions are supported by the *step*, *impulse* and *ramp* graphs in disturbance inputs, *Bode* diagrams and root place diagrams by disturbance variables. Through this, we want to publish a study model, under minimum flight conditions, to understand how the stability characteristics are determined and how they influence the flying and handling qualities, exposing them as a regulatory technical standard with its direct application to make policies aimed at models and methodologies to analyze the characteristics of stability and maneuverability in flying objects, seeking to contribute to the development of the national and international aerospace and the aeronautic industry.

After this introduction section concerning the dynamic and static concept, its regulatory standard and justification, the methodology section presents the type of methodology used and its application in the work phases chosen, such as trim conditions calculation, responses to aerodynamic controls and stability responses. Next, the results section displays the trim condition, the responses to controls by perturbations and accelerations variables,

and the static and dynamic stability responses; all this, along the longitudinal and lateral-directional axes. Finally, the discussion and conclusion sections are presented with the main considerations regarding the execution of the general objective “to do a study of the flying and handling qualities of a glider-type aircraft for instruction purposes” and their specific objectives regarding a proposal of a dynamic model to calculate the trim condition in subsonic flight conditions; determine the aerodynamic stability and control derivatives along the longitudinal and lateral-directional axes to calculate the responses to aerodynamic controls; and finding the characteristic oscillation modes along the longitudinal and lateral-directional axes to make an analysis according to the flying and handling qualities requirements.

Methodology

This experimental study was made with a hypothetical-deductive model in a descriptive research, divided in three phases of work:

First phase: Trim conditions calculation

Data Base

From the *Schweizer SGU 2-22* glider, data collection was performed through the approved technical documentation such as: certificate type G-18 approved by FAA (Department of Transportation FAA, 2007), maintenance manual approved by Schweizer Aircraft Corporation (S. A. Corporation, 1946) and the specialist magazine *Sailplanes by Schweizer History* written by Ernest Schweizer (Simons & Schweizer, 1998). Following this, the weight estimation, balance, inertial and load factor calculations were done according to the book *Aircraft design: A systems engineering approach* by Mohammad H. Sadraey (Sadraey, 2012) which is a reference to *Airplane design* by Jan Roskam (Roskam, 1985) book. With the permissible speeds margin calculated in the *v-n* diagram (Figure 1), an aerodynamic analysis was done in *XFLR5*® to make a geometric and aerodynamic database (Table 1) switching Reynolds and Mach numbers, where the incidence was in the range of $-20^\circ < \alpha < 20^\circ$ by the main wing airfoil section, tail plane airfoil section and fin airfoil section (UIUC Department of Aerospace Engineering, 2019).

Table 1. Aerodynamic database items (Cook, 2012)

α_{w_0}	Zero lift incidence of wing
a_w	Wing or wing-body lift curve slope
d_α	Downwash
C_{D_0}	Wing zero lift drag coefficient
K_w	Wing induced drag factor
e_w	Wing Oswald efficiency factor
C_{m_0}	Pitching moment coefficient about wing
$C_{D_{0T}}$	Tail plane zero lift drag coefficient
a_0	Tail plane zero incidence lift coefficient
a_{1T}	Tail plane lift curve slope
$a_{2\eta}$	Elevator lift curve slope
e_r	Tail plane Oswald efficiency factor
K_T	Tail plane induced drag factor
a_{1F}	Fin lift curve slope
$\frac{dC_{D_T}}{d\alpha_T}$	Tail plane drag curve slope
$\frac{dC_D}{d\alpha}$	Wing or wing-body drag curve slope
$a_{2\xi}$	Aileron lift curve slope
$\frac{dC_D}{d\xi}$	Aileron drag curve slope
$a_{2\zeta}$	Rudder lift curve slope

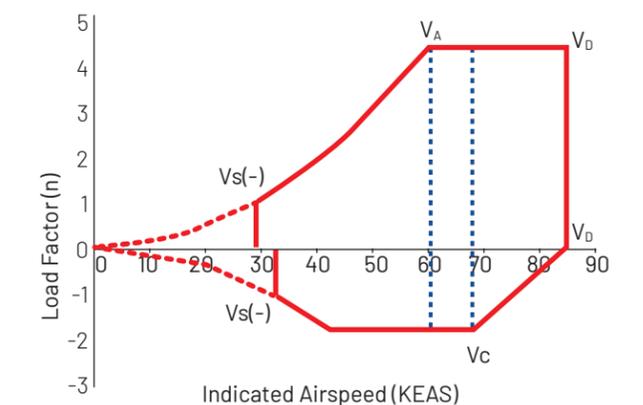


Figure 1. Schweizer SGU 2-22 Load factor

Trim conditions calculation

The trim state defined the initial condition on which the glider dynamics was studied from the primary control surfaces (ailerons, elevator and rudder). The object of trimming was to bring the forces and

moments acting into a state of equilibrium where the axial, normal and side forces, and the roll, pitch and yaw moments are all zero expressed as the requirement for the lift to equal the weight and the thrust to equal the drag (Roskam, 1998). The lateral-directional forces and moments were assumed to remain in equilibrium, and the problem was reduced to the establishment of longitudinal equilibrium because the glider is symmetric on the OY axis. Thus, the reference axis system was body axes which defined the plane of symmetry on the OXZ axis, with the origin O located at the gravity center under the contributions for the wing-tail aerodynamic ratio including the angle of incidence of the wing (α_w) and the downwash at zero lift (ϵ_0), Figure 2.

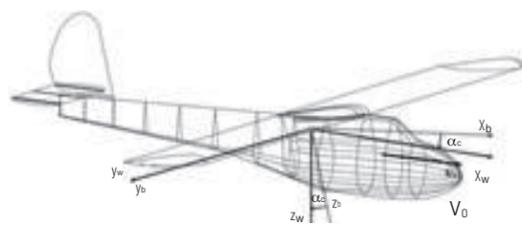


Figure 2. Body axes system

In order to calculate the trim condition for each maneuver velocity, it was convenient to assume a straight flight. For a glider, mass, a gravity center position, an altitude and an airspeed, symmetric trim was described by the aerodynamic operating condition, namely, angle of attack, thrust, pitch attitude, elevator angle and flight path angle, Table 2.

Table 2. Flight condition

Weight	3916.53	N
Mass	399.24	Kg
Altitude	1080 3543	m ft
γ	0	
α_e	0	
$X_{c.g}$	2.203	m
K_n	0.188	
h_n	0.444	

Using a set of equations found in chapter 3 "Static equilibrium and trim" from the bibliographic source (Cook, 2012), we provided the trim condition, where it was assumed that the elevator trim tab angle is zero and that glider trim was determined by the elevator angle to trim η_e . It is assumed that $a_0 = 0$, where the tail plane airfoil section is symmetrical.

Thus, there was a variation from the stall speed and maximum permissible speed, at around 15.1994 m/s, to 40.2336 m/s in 1 m/s increments.

Mathematical model

With the body axes system fixed (Figure 2), through to linear quantities transformation (Euler angles) the linear velocities and accelerations values were resolved as from an initial condition to the perturbed state, where roll was (ϕ) pitch was (ψ) and yaw was (ψ). Thus, equilibrium velocities, components and the angular rates transformations from an airspeed input were calculated (VO) with equations (2.15) and (2.21) from the bibliographic source (Cook, 2012).

With these items, our mathematical model is about maneuvering angles and airspeed inputs to define the initial condition analysis from MatLab®.

Second phase: Responses to aerodynamic controls

Aerodynamic stability and control derivatives

The aerodynamic stability and control derivatives were calculated in Dimensional, Dimensionless and Concise format on the longitudinal and lateral-directional axes with the help of the aerodynamic and geometric database, trim condition and mathematical model. Hence, a solution and linearization for the equations of motion to determine the transfer functions for each axis were necessary. The equations of motion were in terms of aerodynamic stability and control derivatives, equations (4.42) and (4.47) from the bibliographic source (Cook, 2012), those terms were solved to subsonic conditions in chapter 13 "Aerodynamic stability and control derivatives" from the bibliographic source (Cook, 2012).

Next, with the stall speed and the maximum permissible speed range, the derivatives calculation was made for straight and level flight in zero degrees in roll, pitch and yaw angles. Next, the results are shown at the best glide ratio speed 21.0109 m/s in British notation and North American notation.

Table 3. Dimensionless longitudinal aerodynamic stability and control derivatives

$C_{x_u} \equiv X_u = -0.0378$	$C_{z_u} \equiv Z_u = -1.034$
$C_{x_\alpha} \equiv X_w = 0.488$	$C_{z_\alpha} \equiv Z_w = -5.8117$
$C_{x_q} \equiv 2X_q = -0.0474$	$C_{z_q} \equiv 2Z_q = -1.9504$
$C_{x_{\dot{\alpha}}} \equiv 2X_{\dot{w}} = -0.0201$	$C_{z_{\dot{\alpha}}} \equiv 2Z_{\dot{w}} = -0.8267$
$C_{x_{\delta_e}} \equiv X_{\eta_1} = -0.0106$	$C_{z_{\delta_e}} \equiv Z_{\eta_1} = -0.4351$
$C_{m_u} \equiv M_u = 0.00097$	$C_{m_q} \equiv 2M_q = -6.53$
$C_{m_\alpha} \equiv M_w = -1.089$	$C_{m_{\dot{\alpha}}} \equiv 2M_{\dot{w}} = -2.769$
$C_{m_{\delta_e}} \equiv M_{\eta_1} = -1.4575$	

Table 4. Dimensionless lateral-directional aerodynamic stability and control derivatives

$C_{y_v} \equiv Y_v = -0.3713$	$C_{l_v} \equiv L_v = -0.1195$
$C_{y_p} \equiv 2Y_p = -0.0535$	$C_{l_p} \equiv 2L_p = -0.4958$
$C_{y_r} \equiv 2Y_r = 0.1303$	$C_{l_r} \equiv 2L_r = 0.1027$
$C_{y_{\delta_A}} \equiv Y_\xi = 0$	$C_{l_{\delta_A}} \equiv L_\xi = -0.4056$
$C_{y_{\delta_R}} \equiv Y_\zeta = 0.2386$	$C_{l_{\delta_R}} \equiv L_\zeta = 0.0269$
$C_{n_v} \equiv N_v = 0.1303$	$C_{n_p} \equiv 2N_p = -0.0417$
$C_{n_{\delta_A}} \equiv N_\xi = -0.0061$	$C_{n_r} \equiv 2N_r = -0.0417$
$C_{n_{\delta_R}} \equiv N_\zeta = -0.0837$	

Table 5. Dimensional concise longitudinal aerodynamic stability derivatives

$x_u = -0.021 \text{ 1/s}$	$z_u = -0.57 \text{ 1/s}$
$m_u = -0.032 \text{ 1/s}$	$x_w = -0.281 \text{ 1/s}$
$z_w = -3.201 \text{ 1/s}$	$m_w = -0.126 \text{ 1/s}$
$x_q = -0.0567 \text{ m/s}$	$z_q = 18.679 \text{ m/s}$
$m_q = -3.877 \text{ 1/s}$	$x_{\dot{\alpha}} = -9.81 \text{ m/s}^2$
$z_0 = 0 \text{ m/s}^2$	$m_0 = 0 \text{ 1/s}^2$
$x_{\eta_1} = -0.122 \text{ m/s}^2$	$z_{\eta_1} = -5.036 \text{ m/s}^2$
$m_{\eta_1} = -8.374 \text{ 1/s}^2$	

Table 6. Dimensional concise lateral-directional aerodynamic stability derivatives

$y_v = -0.2115 \text{ 1/s}$	$l_v = -0.2111 \text{ 1/ms}$
$n_v = -0.1504 \text{ 1/ms}$	$y_p = -0.3996 \text{ m/s}$
$l_p = -10.9801 \text{ 1/s}$	$n_v = -0.1768 \text{ 1/s}$
$y_r = -20.0383 \text{ m/s}$	$l_r = -2.3234 \text{ 1/s}$
$n_r = -0.7905 \text{ 1/s}$	$y_{\dot{\alpha}} = 9.81 \text{ m/s}^2$
$l_{\phi} = 0 \text{ 1/s}^2$	$n_{\phi} = 0 \text{ 1/s}^2$
$y_{\psi} = 0 \text{ m/s}^2$	$l_{\psi} = 0 \text{ 1/s}^2$
$n_{\psi} = 0 \text{ 1/s}^2$	$y_{\zeta} = 0 \text{ m/s}^2$
$l_{\xi} = 14.438 \text{ 1/s}^2$	$n_{\xi} = 0.4113 \text{ 1/s}^2$
$y_{\zeta} = 2.8559 \text{ m/s}^2$	$l_{\zeta} = 1.0732 \text{ 1/s}^2$
$n_{\zeta} = -1.9621 \text{ 1/s}^2$	

Transfers functions

To give solutions to the equations of motion, Laplace transform was applied to obtain a description in the mathematical and graphical form of all the responses of aerodynamic controls with respect to the input data in angles and maneuver speeds. The solution of the equations of motion was governed by Cramer's rule. Thus, replacing the mathematical solutions of the aerodynamic stability and control derivatives, Cramer's rule was applied to the matrix format of the equations of motion (Kuo & Golnaraghi, 1995). Consequently, we obtained transfers functions in aerodynamic controls given by a common denominator polynomial and the numerator polynomials by each disturbance variable.

Longitudinal transfers functions:

Elevator

$$\frac{N_{\eta}^w}{\Delta(s)} = \frac{-0.122s^3 - 1.807s^2 + 32.3s + 256.8}{s^4 + 7.1s^3 + 15.08s^2 + 1.091s + 1.73} \text{ m/s}$$

$$\frac{N_{\eta}^w(s)}{\Delta(s)} = \frac{-5.036s^3 - 167s^2 - 3.788s - 48.44}{s^4 + 7.1s^3 + 15.08s^2 + 1.091s + 1.73} \text{ m/s}$$

$$\frac{N_{\eta}^{\theta}(s)}{\Delta(s)} = \frac{-8.375s^2 - 26.36s - 196}{s^4 + 7.1s^3 + 15.08s^2 + 1.091s + 1.73} \text{ }^{\circ}$$

$$\frac{N_{\eta}^{\theta}(s)}{\Delta(s)} = \frac{-8.375s^3 - 26.36s^2 - 196s}{s^4 + 7.1s^3 + 15.08s^2 + 1.091s + 1.73} \text{ }^{\circ}/s$$
(1)

Lateral-directional transfers functions:

Aileron

$$\begin{aligned} \frac{N_{\xi}^v(s)}{\Delta(s)} &= \frac{-2.471s^3 - 279.1s^2 - 102.6s}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7} \text{ m/s} \\ \frac{N_{\xi}^{\phi}(s)}{\Delta(s)} &= \frac{-14.44s^3 - 13.51s^2 - 43.97s}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7} \text{ }^{\circ} \\ \frac{N_{\xi}^p(s)}{\Delta(s)} &= \frac{-14.44s^4 - 13.51s^3 - 43.97s^2}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7} \text{ }^{\circ}/s \\ \frac{N_{\xi}^{\psi}(s)}{\Delta(s)} &= \frac{0.4113s^3 + 7.156s^2 + 2.328s^2 - 20.45}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7} \text{ }^{\circ} \\ \frac{N_{\xi}^z(s)}{\Delta(s)} &= \frac{0.4113s^4 + 7.156s^3 + 2.328s^2 - 20.45s}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7s} \text{ }^{\circ}/s \end{aligned} \quad (2)$$

Rudder

$$\begin{aligned} \frac{N_{\xi}^v(s)}{\Delta(s)} &= \frac{2.856s^4 + 72.51s^3 + 473.5s^2 - 36.4s}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7s} \text{ m/s} \\ \frac{N_{\xi}^{\phi}(s)}{\Delta(s)} &= \frac{1.073s^3 - 4.086s^2 - 5.329s}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7s} \text{ }^{\circ} \\ \frac{N_{\xi}^p(s)}{\Delta(s)} &= \frac{1.073s^4 - 4.086s^3 - 5.329s^2}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7s} \text{ }^{\circ}/s \\ \frac{N_{\xi}^{\psi}(s)}{\Delta(s)} &= \frac{-1.962s^3 - 21.72s^2 + 0.325s - 2.48}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7s} \text{ }^{\circ} \\ \frac{N_{\xi}^z(s)}{\Delta(s)} &= \frac{-1.962s^4 - 21.72s^3 + 0.325s^2 - 2.48s}{s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7s} \text{ }^{\circ}/s \end{aligned} \quad (3)$$

Response to controls

By each transfer function, the responses to controls by disturbances and accelerations were calculated, the initial value theorem and final value theorem was used allowing what the initial starting condition is to be known, and the steady state value of the dynamic system by each transfer function, equation (4) (Kuo & Golnaraghi, 1995).

$$\begin{aligned} f(t)_{t \rightarrow \infty} &= \lim_{s \rightarrow 0} (sf(s)) \\ f(t)_{t \rightarrow \infty} &= \lim_{s \rightarrow \infty} (sf(s)) \end{aligned} \quad (4)$$

With the responses to controls it was possible to determine the total linear velocity components, equation (2.1), and the rate of change of height due

to the perturbation in motion, equation (2.17) in the chapter 2 "Systems of axes notation" from the bibliographic source (Cook, 2012), describing the final state of glider disturbance in a better way.

Third phase: Stability responses Static stability

The lateral-directional static stability was determined assuming that lift component acts above the OX axis on the fin aerodynamic center, mathematically expressed:

$$\frac{dC_L}{d\beta} < 0 \quad (5)$$

$$\frac{dC_L}{d\beta} = \bar{V}_F \frac{h_F}{l_F} a_{1r}$$

In the longitudinal static stability, the range of gravity center position determined the acceptable margins of stability. The aft limit often corresponds with the controls fixed neutral point h_n , whereas the forward limit is determined by the maximum permissible stability margin K_n . Where too much stability can be as hazardous as too little stability, and thus, for each permissible speed by the v - n diagram, h_n and K_n had a different value, where those values ensured the glider's and pilot's integrity (Cook, 2012), therefore:

$$K_n = -\left((h - h_0) - \bar{V}_T \frac{a_1}{a} \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\alpha} \right) \right) \quad (6)$$

$$h_n = h_0 + \bar{V}_T \frac{a_1}{a} \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\alpha} \right) \quad (7)$$

Dynamic stability

Once all the transfer functions were determined, these completely describe the linear dynamic response to a control input identified with the oscillation modes. With the help of the *damp()* command in *MatLab*® software and chapter 6 and 7 from the bibliographic source (Cook, 2012) for subsonic conditions, the dynamic properties were obtained given by the equations 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8 and 7.9:

Flying and handling qualities analysis

From the characteristic oscillation modes on the longitudinal and lateral-directional axes an analysis was performed through the Control Anticipation Parameter (CAP), Routh-Hurwitz stability criterion and the longitudinal and lateral-directional flying qualities requirements.

The control anticipation parameter was determined to know the precise adjustments for the flight path, using the angular pitching acceleration. The system's stability condition was tested with the Routh-Hurwitz criterion, and the stability from the type of airplane and the flight phase (Nelson, 1998) was studied through the flying qualities requirements.

Results

Trim conditions calculation

Table 8. Trim condition data

$V_0 \left(\frac{m}{s} \right)$	M_0	η_e	C_L	C_m	C_m	L/D
15.1994	0.044	8.96	0.510	0.019	-0.014	25.8
16.1994	0.047	8.83	0.513	0.019	-0.013	25.9
17.1994	0.050	9.1	0.516	0.019	-0.013	26.1
18.1994	0.053	9.1	0.516	0.019	-0.013	26.2
19.1994	0.056	8.99	0.516	0.019	-0.013	26.3
20.1994	0.059	8.68	0.487	0.018	-0.008	26.6
21.0109	0.061	8.92	0.515	0.019	-0.013	26.5
22.1994	0.065	9.04	0.516	0.019	-0.013	26.6
23.1994	0.068	8.74	0.492	0.018	-0.008	26.9
24.1994	0.071	9.04	0.515	0.019	-0.013	26.8
25.1994	0.074	9.02	0.514	0.019	-0.013	26.9
26.1994	0.076	9.05	0.514	0.019	-0.013	27
27.1994	0.079	9.08	0.515	0.019	-0.013	27.1
28.1994	0.082	9.14	0.515	0.018	-0.013	27.1
29.1994	0.085	9.07	0.515	0.018	-0.013	27.2
30.1994	0.088	9.09	0.516	0.018	-0.012	27.3
31.1994	0.091	8.94	0.516	0.018	-0.012	27.3
32.1994	0.094	9.09	0.517	0.018	-0.012	27.4
33.1994	0.097	9.1	0.519	0.018	-0.012	27.4
34.1994	0.100	9.1	0.521	0.018	-0.012	27.5
35.1994	0.103	9.11	0.518	0.018	-0.012	27.6

$V_0 \left(\frac{m}{s} \right)$	M_0	η_e	C_L	C_m	C_m	L/D
36.1994	0.106	9.12	0.516	0.018	-0.013	27.6
37.1994	0.109	9.14	0.517	0.018	-0.012	27.7
38.1994	0.112	9.16	0.518	0.018	-0.012	27.7
39.1994	0.115	9.20	0.517	0.018	-0.013	27.8
40.2336	0.118	8.88	0.491	0.017	-0.007	28.1

Responses to aerodynamic controls

To see the *MatLab*® graphs (*step*, *impulse* and *ramp*) about responses to aerodynamic controls, you are invited to read the bibliography source (Castellanos & Rodríguez, 2019) in section 9.2 "Respuestas en control aerodinámicos".

Table 9. Responses to aerodynamic controls by disturbance variables

Elevator			
	Initial	Final	
$u(t)$	0.0 m/s	148.3467 m/s	Axial velocity
$w(t)$	0.0 m/s	-27.9841 m/s	Normal velocity
$\theta(t)$	0.0 °	-1.1324 °	Pitch angle
$q(t)$	0.0 °/s	0.0 °/s	Pitch rate
Ailerons			
	Initial	Final	
$v(t)$	0.0 m/s	57.3086 m/s	Lateral velocity
$\phi(t)$	0.0 °	24.5638 °	Roll angle
$p(t)$	0.0 °/s	0.0 °/s	Roll rate
$r(t)$	0.0 °/s	11.4205 °/s	Yaw rate
Rudder			
	Initial	Final	
$v(t)$	0.0 m/s	20.3318 m/s	Lateral velocity
$\phi(t)$	0.0 °	2.9767 °	Roll angle
$p(t)$	0.0 °/s	0.0 °/s	Roll rate
$\psi(t)$	0.0 °	0.0 °	Yaw angle
$r(t)$	0.0 °/s	1.3852 °/s	Yaw rate

Table 10. Responses to aerodynamic controls by accelerations

Elevator			
	Initial	Final	
a_x	-0.1224 m/s^2	0.0 m/s^2	Axial acceleration
a_y	0.0 m/s^2	0.0 m/s^2	Lateral acceleration
a_z	-5.036 m/s^2	0.0 m/s^2	Normal acceleration
Aileron			
	Initial	Final	
a_x	0.0 m/s^2	0.0 m/s^2	Axial acceleration
a_y	0.0 m/s^2	239.9556 m/s^2	Lateral acceleration
a_z	0.0 m/s^2	0.0 m/s^2	Normal acceleration
Rudder			
	Initial	Final	
a_x	0.0 m/s^2	0.0 m/s^2	Axial acceleration
a_y	2.8559 m/s^2	29.1039 m/s^2	Lateral acceleration
a_z	0.0 m/s^2	0.0 m/s^2	Normal acceleration

	Longitudinal axis			Lateral axis
$V_0 \left(\frac{m}{s} \right)$	M_0	K_n	h_n	$\frac{dC_l}{d\beta}$
15.1994	0.044	0.1930	0.4489	-0.0404
16.1994	0.047	0.1880	0.4440	-0.0406
17.1994	0.050	0.1914	0.4473	-0.0408
18.1994	0.053	0.1917	0.4477	-0.0405
19.1994	0.056	0.1890	0.4450	-0.0397
20.1994	0.059	0.1913	0.4473	-0.0408
21.0109	0.061	0.1880	0.4440	-0.0404
22.1994	0.062	0.1900	0.4460	-0.0406
23.1994	0.068	0.1888	0.4447	-0.0405
24.1994	0.071	0.1910	0.4469	-0.0404
25.1994	0.074	0.1909	0.4469	-0.0406
26.1994	0.076	0.1917	0.4476	-0.0409
27.1994	0.079	0.1916	0.4476	-0.0412
28.1994	0.082	0.1934	0.4494	-0.0406
29.1994	0.085	0.1917	0.4476	-0.0408
30.1994	0.088	0.1913	0.4473	-0.0406

Total velocities

$$U = 21.0109 \text{ m/s} + 148.3467 \text{ m/s} = 169.357 \text{ m/s}$$

$$V_\xi = 0 \text{ m/s} + 57.3086 \text{ m/s} = 57.3086 \text{ m/s}$$

$$V_\zeta = 0 \text{ m/s} + 20.3318 \text{ m/s} = 20.3318 \text{ m/s}$$

$$W = 0 \text{ m/s} - 27.9841 \text{ m/s} = -27.9841 \text{ m/s}$$

Z

$$\dot{h}_\xi = 27.98 \text{ m/s}$$

$$\dot{h}_\zeta = 27.98 \text{ m/s}$$

Stability responses

Table 11. Static stability response

$V_0 \left(\frac{m}{s} \right)$	M_0	Longitudinal axis		Lateral axis
		K_n	h_n	$\frac{dC_l}{d\beta}$
31.1994	0.091	0.1883	0.4442	-0.0407
32.1994	0.094	0.1902	0.4461	-0.0406
33.1994	0.097	0.1889	0.4448	-0.0407
34.1994	0.100	0.1875	0.4434	-0.0408
35.1994	0.103	0.1904	0.4464	-0.0409
36.1994	0.106	0.1917	0.4477	-0.0411
37.1994	0.109	0.1915	0.4475	-0.0413
38.1994	0.112	0.1914	0.4474	-0.0414
39.1994	0.115	0.1928	0.4487	-0.0409
40.2336	0.118	0.1926	0.4486	-0.0408

To see the *MatLab*® graphs (*Bode diagram* and *Root place*), you are invited to read the bibliography source (Castellanos & Rodríguez, 2019) in section 9.3 "Respuestas de estabilidad estática y dinámica"

Table 12. Dynamic stability by elevator

u	k	q	θ
$k_u = -0.12$	$k_w = -5.03$	$k_q = -8.37$	$k_\theta = -8.37$
$T_u = -0.07 \text{ s}$	$T_\alpha = 0.02 \text{ s}$	$T_{\theta_1} = 13.12 \text{ s}$	$T_{\theta_2} = 13.12 \text{ s}$
$\zeta_u = 1.19$	$\zeta_\alpha = 0.01$		
$\omega_u = 12.14 \text{ rad/s}$	$\omega_\alpha = 0.52 \text{ rad/s}$	$T_{\theta_2} = 0.32 \text{ s}$	$T_{\theta_2} = 0.32 \text{ s}$
Mode			
Phugoid	$\zeta_d = 0.0261$		
	$\omega_p = 0.341 \text{ rad/s}$		
Short period	$\zeta_s = 0.919$		
	$\omega_p = 3.851 \text{ rad/s}$		

Table 13. Dynamic stability by ailerons

v	p	r	ϕ
$k_v = -2.47$	$k_p = -14.44$	$k_r = -0.41$	$k_\phi = -14.44$
$T_{\beta_1} = -2.71 \text{ s}$	$\zeta_\phi = 0.268$	$T_\psi = 0.675 \text{ s}$	$\zeta_\phi = 0.268$
		$\zeta_\psi = 1.62$	
$T_{\beta_2} = 0.008 \text{ s}$	$\omega_\phi = 1.74 \text{ rad/s}$	$\omega_\psi = 5.79 \text{ rad/s}$	$\omega_\phi = 1.74 \text{ rad/s}$
Mode			
Dutch roll	$\zeta_d = 0.2806$		
	$\omega_d = 1.875 \text{ rad/s}$		
Roll	$T_r = 0.0911 \text{ s}$		
Spiral	$T_s = 21.563 \text{ s}$		

Table 14. Dynamic stability by rudder

v	p	r	ϕ
$k_v = -2.47$	$k_p = 1.07$	$k_r = -1.96$	$k_\phi = 1.07$
$T_{\beta_1} = 13.16 \text{ s}$	$T_{\phi_1} = 0.206 \text{ s}$	$T_\psi = 0.0901 \text{ s}$	$T_{\phi_1} = 0.206 \text{ s}$
		$\zeta_\psi = 0.0373$	
$\zeta_v = 0.983$	$T_{\phi_2} = 0.973 \text{ s}$	$\omega_\psi = 0.337 \text{ rad/s}$	$T_{\phi_2} = 0.973 \text{ s}$
Mode			
Dutch roll	$\zeta_d = 0.2806$		
	$\omega_d = 1.875 \text{ rad/s}$		
Roll	$T_r = 0.0911 \text{ s}$		
Spiral	$T_s = 21.563 \text{ s}$		

Flying and handling qualities responses

Table 15. Flying and handling qualities glider data

Aeroplane type	Class I
Flight phase	Category C
Short period mode damping	$\zeta_s = 0.919$
Phugoid damping ratio	$\zeta_p = 0.0261$
CAP	2.1628
Roll mode time constant	$T_r = 0.0911 \text{ s}$
Spiral mode time constant	$T_s = 21.563 \text{ s}$
Dutch roll damping	$\zeta_d = 0.2806$
	$\zeta_d \omega_d = 0.5261 \text{ rad/s}$
Dutch roll frequency	$\omega_d = 1.875 \text{ rad/s}$

Longitudinal axis

Mode	Levels of flying qualities
CAP	Level 1
CAP = 2.1628	Level 2
	Level 3
	Level 1
$\zeta_s = 0.919$	Level 2
	Level 3
	Level 1
Phugoid	Level 2
$\zeta_p = 0.0261$	Level 3

Lateral-directional axis

Mode	Levels of flying qualities
Roll	Level 1
$T_r = 0.0911 \text{ s}$	Level 2
	Level 3
	Level 1
Spiral	Level 2
	Level 3
	Level 1
Dutch roll	Level 1
	Level 2
	Level 3

Routh–Hurwitz criterion Longitudinal axis

$$\Delta_{(s)_{\text{long}}} = s^4 + 7.1s^3 + 15.08s^2 + 1.091s + 1.73$$

$$-8.92e - 03 + 3.41e - 01i$$

$$-8.92e - 03 - 3.41e - 01i$$

$$-3.54e - 00 + 1.52e - 00i$$

$$-3.54e - 00 - 1.52e + 00i$$

Lateral-directional axis

$$\Delta_{(s)_{\text{lat}}} = s^5 + 11.9s^4 + 14.51s^3 + 37.9s^2 - 1.7s$$

$$0.00e + 00$$

$$4.64e - 02$$

$$-5.26e - 01 + 1.80e + 00i$$

$$-5.26e - 01 - 1.80e + 00i$$

$$-1.10e + 01$$

Control Anticipation Parameter CAP

To know how to find the control anticipation parameter (CAP), you are invited to read the bibliography source (Castellanos & Rodríguez, 2019) in section 8.3.2, tittle "Control Anticipation Parameter CAP".

$$CAP = 2.1628$$

Discussion

On the total trim conditions calculation, the aerodynamic and geometric configuration determine the increase or decrease of the aerodynamic coefficients values conditioning to η_e . In negative maneuvers, the elevator deflection is maximum at $-2.20^\circ < \eta_e < -2.74^\circ$ approximately; and in positive maneuvers it is maximum at $2.14^\circ < \eta_e < -20.5^\circ$, where in both cases, the elevator deflections are within the permissible margins by the type certificate, 25° up and 21° down (Department of Transportation FAA, 2007).

Considering an initial state of straight and level flight in the stall speed, the aerodynamic stability and control derivatives numerical quantity will

be lower than in the maximum admissible speed, reflected in the transfer functions with greater or lesser amounts in their values. Under these considerations, at stall speed, the transfer functions will have smaller numerical quantities with high damping ratios and time response; at the maximum permissible speed, that effect will be different, there the transfer functions will have larger numerical quantities with low damping ratios and time response. These conditions are linearly reflected in the perturbation and acceleration responses, regardless of the maneuver, for low speed, the aerodynamic controls responses will be smaller the numerical amounts, and contrary to high speeds.

The stability will vary for each maneuver, where in negative maneuvers the stability and the recovery time to a stable condition decrease; and in positive maneuvers the stability and recovery time increase to a stable condition. Similarly, the aerodynamic configuration for angles of incidence, dihedral effect, sweep angle and primary control surfaces would vary the flight and handling qualities. As for the angles of attack and the primary control surfaces, their variation would generate longitudinal pitching moments, increasing the range of maneuver angles while maintaining the trim conditions.

Engines: The direction and magnitude of the power influences the airframe and the movement, and an aeroelastic analysis helps to take it into account. The fuel consumption is assumed as constant and very slow; therefore, the mass will always be the same in any phase of flight. Finally, in the two or more engines configuration, a different power magnitude for each engine would cause changes in direction not desired by the pilot, influencing not only the flight path, but also in the downwash or upwash.

Atmosphere and speed margins: Its influence is on the Reynolds and Mach number, by compressibility effects. In the low Mach numbers, there are no variations in the calculations, being zero or insignificant. In contrast, at high Mach numbers, it is important to consider as a factor of variation in the aerodynamic analysis and in the Aerodynamic stability and control derivatives calculations, especially at high disturbance angles where the aerodynamic effects are not linear. Likewise, a Viscous or non-viscous fluid would require more structural

work, and the pilot, would have more physical workload to establish a flight path.

Aerodynamic: The flight mission for which the aircraft have been designed influences the aerodynamic. For acrobatic and heavy aircraft, very low stability levels are allowed to take advantage of this lack of stability to increase maneuverability. In this way, factors like a dihedral angle, sweep angle, incidences, airfoil type and location on the airframe, guarantee these design requirements. A negative dihedral angle allows maneuvers with very high angles tending to destabilize the aircraft, therefore, it is allowed for combat, acrobatics, cargo and passenger aircraft. In contrast, a positive dihedral angle allows better recoveries in stall speed maneuvers, increasing the stability; these same effects are reproduced at the sweep angle, where high sweep angles will be for acrobatic and large aircraft with no-linear maneuvers. In simple aircraft configurations with simple flight missions, it becomes zero. The angle of incidence, airfoil type and airframe location determine the pitch moment, and therefore, they are important in the trim longitudinal condition by the downwash and the upwash. An important topic not studied is the aircraft lateral drag, is that its influence is very difficult to calculate, but with great importance in lateral-directional stability being a stability factor recovery together with the main wing aerodynamic effects, make a specialist software necessary to obtain them.

Conclusions

The main wing and tail plane incidence are the most important geometric parameters to determine the trim conditions calculation. For this reason, it is understood that the aerodynamic and geometric effects will provide pitching moments; therefore, the elevator is the most important aerodynamic control surface to generate that trim condition, while its angular deflection is within the type certificate margins.

The Mach number regime and the reference axis system will allow being accurate with the aerodynamic stability and control derivatives responses. In the permissible speed ranges, the aerodynamic stability and control derivatives will have an infinity of results for any flight condition depending on trim conditions calculation.

The effects of the aerodynamic configuration with respect to the geometric configuration determine the static and dynamic stability, which at the same time will give a state of flight and handling qualities. This is important to make any modification in these two aspects from maintenance and engineering environments, or from a primary design phase.

For future works, there is the opportunity to study from direct calculations in a wind tunnel with prototypes to scale. This way, besides corroborating possible errors, we can take into account effects of profile thickness from changes in the angles of incidence, effects of air compressibility; and therefore, to improve the methodology in the development of studies of flight and handling qualities based on static and dynamic stability. In this way, we would allow more complex calculations with non-linear equations in maneuvers and aircraft of higher categories, creating a margin of work possibilities in the flight phases and in electronic control.

Finally, from the aerodynamics and geometrical configuration, the static and dynamic stability responses for the glider *Schweizer SGU 2-22*, referenced by flight and handling qualities standards, it can be concluded that each characteristic stability mode is within the allowed ranges. Therefore, we understand that the glider will provide optimum performance in any aerial maneuver that the pilot wants to execute, giving a high performance margin without any fault or failure occurring in airframe or systems that degrade the level of flying qualities with an acceptable pilot workload; where in all cases the glider met the maximum and minimum flight qualities levels. This allows us to conclude that the geometrical and aerodynamic configuration meets the requirements for the *Schweizer SGU 2-22* to be an aerial training aircraft with high work margins in flight, knowing that this study is done without taking into account an electronic control and automatic pilot, which in case of their implementation, would allow to increase the flight and handling qualities levels.

References

- Castellanos Sanabria, Y. A., & Rodríguez Agudelo, W. A. (2019). *Estudio de las cualidades de vuelo y manejo de una aeronave tipo planeador para instrucción*.
- Cook, M. V. (2012). *Flight dynamics principles: a linear systems approach to aircraft stability and control*. Butterworth-Heinemann.
- Department of Transportation Federal Aviation Administration. (2007). *Type Certificate Data Sheet NO. G-18*. Cayuta, NY (14824): F.A.A. Recovered from [http://www.airweb.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgMakeModel.nsf/0/979408739f29dc26862573b4006eda10/\\$FILE/g-18.pdf](http://www.airweb.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgMakeModel.nsf/0/979408739f29dc26862573b4006eda10/$FILE/g-18.pdf)
- Holmberg, J., Leonard, J., King, D., & Cotting, M. (2008, August). Flying qualities specifications and design standards for unmanned air vehicles. In *AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference and Exhibit* (p. 6555).
- Kuo, B. C., & Golnaraghi, F. (1995). *Automatic control systems*. (Vol. 9). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Nelson, R. C. (1998). *Flight stability and automatic control* (Vol. 2, p. 105). New York: WCB/McGraw Hill.
- Reeves, S. K. (1970, September). Specifications, standards and allied publications for UK military aircraft. In *Aslib Proceeding* (Vol. 22, No. 9, pp. 432-448). MCB UP Ltd.
- Roskam, J. (1985). *Airplane design*. DARcorporation.
- Roskam, J. (1998). *Airplane flight dynamics and automatic flight controls*. DARcorporation.
- S. A. Corporation. (1946). *The 2-22 Sailplane Flight-Erection-Maintenance Manual*. Schweizer Aircraft Corporation. (Simons M, Schweizer P, 1998)
- Sadraey, M. H. (2012). *Aircraft design: A systems engineering approach*. John Wiley & Sons.
- Simons, M., & Schweizer, P. A. (1998). *Sailplanes by Schweizer: A History*. Crowood Press.
- Standard, M. (1990). Flying qualities of pilot aircraft. *US Dept. of Defense MIL-STD-1797A*.
- Tierno, M. Á. G., Cortés, M. P., & Márquez, C. P. (2012). *Mecánica del vuelo*. Ibergaceta.
- University of Illinois at Urbana-Champaign-Department of Aerospace Engineering. (2019). *UIUC Airfoil Coordinates Database*. Recovered from https://m-selig.ae.illinois.edu/ads/coord_database.html.



Technology and Innovation

Jorge David Lara Ríos
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Andrés Enrique López Bueno
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Iván Felipe Rodríguez Barón
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Aerodynamic Computer Study

Photography: Ilustrativa del X43a2 NASA Scramjet (NASA). Modelo de referencia que no corresponde al estudiado en el artículo.



on the Entry of a Scramjet Using the Tubercle Effect*

OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/
Pp. 180-199

Citación: Lara, J., López, A. y Rodríguez, I. (2019). Estudio aerodinámico computacional en la entrada de un *scramjet* aplicando el efecto tubérculo. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 180-199.
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.640>

Jorge David Lara Ríos

Ingeniero Aeronáutico.
jdlarar@libertadores.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001740225

Andrés Enrique López Bueno

Ingeniero Aeronáutico.
lopezbuenoandres@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001740262

Iván Felipe Rodríguez Barón

Ingeniero aeronáutico, Magíster en Ciencias y Tecnología Espacial, candidato a Doctor en Ingeniería y Tecnologías Espaciales.
ifrodriguez@libertadpres.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001488585

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.640>

* Research article based on the project: "Conceptual design of a low-cost supersonic shock tunnel." Attached to research group GIDAD under code ING-008-19. Funded by Fundación Universitaria Los Libertadores

Abstract

This paper is based on the implementation of bio-mimetics, specifically the Tubercle Effect that usually occurs in the leading edge of the humpback whale's (*Megaptera novaeangliae*) fins, allowing it to increase its thrust by funneling the flow. These characteristics are therefore analyzed in the Brazilian hypersonic vehicle (VHA 14-X-B), which is an experimental aircraft that operates at speeds over MACH 7, and atmosphere conditions of 30 km of altitude, powered by a scramjet. In order to increase the performance properties of the AHV (Aerospace Hypersonic Vehicle), we verify the feasibility of implementing the tubercle effect in its intake device (compression stage). The study analyzes the aerothermodynamics of the machine, using computer

simulation software ANSYS-FLUENT, where different tubercles configurations are proposed, with variations in geometry and in the position on the aircraft. Afterwards, the atmospheric conditions in which the AHV operates are simulated, modifying different angles of attack that the aircraft has during its operation. Results showed that there's more efficiency in negative angles, increasing fluid properties such as pressure, density and temperature.

Key Words:

Aerospace Propulsion Systems, Biomimetic, Supersonic Aerodynamics, Scramjet, Tubercle Effect.

Jorge David Lara Ríos
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Andrés Enrique López Bueno
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Iván Felipe Rodríguez Barón
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Estudo aerodinâmico computacional

Fotografia: Ilustrativa del X43a2 NASA Scramjet (NASA). Modelo de referencia que no corresponde al estudiado en el artículo.



na entrada de um scramjet aplicando o efeito tubérculo*

OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/
Pp. 180-199

Citación: Lara, J., López, A. y Rodríguez, I. (2019). Estudio aerodinámico computacional en la entrada de un *scramjet* aplicando el efecto tubérculo. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 180-199.
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.640>

Jorge David Lara Ríos

Ingeniero Aeronáutico.
jdlarar@libertadores.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001740225

Andrés Enrique López Bueno

Ingeniero Aeronáutico.
lopezbuenoandres@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001740262

Iván Felipe Rodríguez Barón

Ingeniero aeronáutico, Magíster en Ciencias y Tecnología Espacial, candidato a Doctor en Ingeniería y Tecnologías Espaciales.
ifrodriguezbaron@libertadpres.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001488585

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.640>

* Artículo de pesquisa, derivado do projeto: "Desenho conceitual de um túnel de choque supersônico de baixo custo". Adscrito ao Grupo de Pesquisa GIDAD com o código ING-008-19. Financiada pela Fundação Universitária Los Libertadores.

Resumo

Este trabalho se baseia na implementação de biomimética, especificamente no efeito tubérculo que se apresenta normalmente na beira de ataque das barbatanas peitorais da baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) o qual permite aumentar seu impulso por meio da canalização do fluxo; de acordo a isso, analisam-se estas características no veículo hipersônico aeroespacial brasileiro (VHA 14-X B), o qual é uma aeronave experimental que opera a velocidades superiores de mach 7 e condições atmosféricas de 30 quilômetros de altitude impulsado por um scramjet. Com o fim de aumentar as propriedades de rendimento do VHA (Veículo Hipersônico Aeroespacial), verifica-se a viabilidade que tem a implementação do efeito tubérculo no dispositivo de entrada (etapa de compressão) do mesmo, analisando suas propriedades aerodinâmicas uti-

lizando a ferramenta de simulação computacional ANSYS-FLUENT, onde se propõem diferentes configurações de tubérculos, variando sua geometria e posição na aeronave. Logo se simulam as condições atmosféricas onde opera o VHA, modificando os diferentes ângulos de ataque que a aeronave apresenta durante sua operação, onde se denotou que existe maior eficiência para ângulos negativos, aumentando as propriedades do fluxo como a pressão, a densidade e a temperatura.

Palavras chave:

sistemas de propulsão aeroespacial, biomimética, aerodinâmica supersônica, scramjet, efeito tubérculo.

Tecnología e Innovación

Jorge David Lara Ríos
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Andrés Enrique López Bueno
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Iván Felipe Rodríguez Barón
Fundación Universitaria
Los Libertadores

Estudio aerodinámico computacional

Fotografía: Ilustrativa del X43a2 NASA Scramjet (NASA). Modelo de referencia que no corresponde al estudiado en el artículo.



en la entrada de un scramjet aplicando el efecto tubérculo*

OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/
Pp. 180-199

Citación: Lara, J., López, A. y Rodríguez, I. (2019). Estudio aerodinámico computacional en la entrada de un *scramjet* aplicando el efecto tubérculo. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 180-199.
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.640>

Jorge David Lara Ríos

Ingeniero Aeronáutico.
jdlarar@libertadores.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001740225

Andrés Enrique López Bueno

Ingeniero Aeronáutico.
lopezbuenoandres@gmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001740262

Iván Felipe Rodríguez Barón

Ingeniero aeronáutico, Magíster en Ciencias y Tecnología Espacial, candidato a Doctor en Ingeniería y Tecnologías Espaciales.
ifrodriguezbaron@libertadpres.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001488585

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.640>

* Artículo de investigación, derivado del proyecto: "Diseño conceptual de un túnel de choque supersónico de bajo costo". Adscrito al Grupo de Investigación GIDAD con el código ING-008-19. Financiado por la Fundación Universitaria Los Libertadores.

Resumen

Este artículo se basa en la implementación de biomimética, específicamente en el efecto tubérculo que se presenta normalmente en el borde de ataque de las aletas pectorales de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), el cual permite aumentar su impulso por medio de la canalización del flujo; de acuerdo a ello se analizan estas características en el vehículo hipersónico aeroespacial brasilero (VHA 14-X B), el cual es una aeronave experimental que opera a velocidades superiores de mach 7 y condiciones atmosféricas de 30 kilómetros de altitud impulsado por un scramjet. Con el fin de aumentar las propiedades de rendimiento del VHA (Vehículo Hipersónico Aeroespacial) se verifica la viabilidad que tiene la implementación del efecto tubérculo en el dispositivo de entrada (etapa de compresión) del mismo, analizando sus propiedades aerotermo-

dinámicas utilizando la herramienta de simulación computacional ANSYS-FLUENT, donde se proponen diferentes configuraciones de tubérculos variando su geometría y posición en la aeronave. Luego se simulan las condiciones atmosféricas en donde opera el VHA, modificando los diferentes ángulos de ataque que presenta la aeronave durante su operación donde se denotó que hay mayor eficiencia para ángulos negativos, aumentando las propiedades del flujo como la presión, la densidad y la temperatura.

Palabras clave:

sistemas de propulsión aeroespacial, biomimética, aerodinámica supersónica, scramjet, efecto tubérculo.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introducción

Desde hace aproximadamente un siglo, científicos e ingenieros han estado buscando soluciones para muchos de los problemas y necesidades que se viven a diario en la humanidad. El hombre ha recurrido a la naturaleza para su propio beneficio, independientemente de la actividad a la que se dedique (Rocha, Rodríguez, Martínez y López, 2012). La naturaleza, que lleva aproximadamente 400 000 millones de años de evolución, es una fuente de inspiración inagotable que ha proporcionado una infinidad de soluciones a los problemas existentes en el mundo (Sarfati, 2008), y una de las formas en que se ha podido sacar provecho de la naturaleza es través de la ciencia.

Dentro de las ramas de la ciencia existe una en especial llamada biomimética, cuyo fin es imitar diferentes organismos de la naturaleza, resolviendo muchos de las necesidades humanas, diseñando y estructurando procesos y métodos sostenibles ya desarrollados por la naturaleza. Según Blanco (2011), se encarga también de “extraer los secretos de la naturaleza” (p.1).

La aleta de la ballena jorobada posee una variedad de relieves, lo que es una peculiaridad de este cetáceo. Tales protuberancias permiten que la ballena jorobada, un mamífero de sorprendente masa, pueda realizar saltos espectaculares y giros con ángulos pronunciados, como refieren (2008) y Bolzon, Kelso y Arjamandi (2015). Los tubérculos contribuyen a que el ángulo de elevación aumente, puesto que su forma hace que se generen vórtices permitiendo que el flujo no se separe.



Figura 1. Tubérculos de la aleta de la ballena jorobada. Fuente: tomada de Sarfati (2008).

A primera vista, estos relieves en la aleta pectoral de la ballena jorobada son protuberancias conocidas en el ámbito de la biología marina como forúnculos o tubérculos, como se ve en la Figura 1. Según Sarfati (2008), Fish y Battle (1995), Misklosovic y Murray (2004), la misión que cumplen es la de canalizar el flujo, creando corrientes y vórtices, lo cual produce el “efecto tubérculo”. Esta canalización de flujo también cumple una función alimenticia en esta especie, que se alimenta de krill y peces pequeños.

Por otra parte, actualmente la carga útil para ser depositada en el espacio exterior es transportada convencionalmente por vehículos propulsados por motores cohete. Estos generalmente deben cargar su combustible y oxidante durante su operación, aportando peso y gastos adicionales para el cumplimiento de una misión. Por este motivo, diversos centros de investigación constantemente se encuentran en la búsqueda e investigación de diversos sistemas de propulsión aeroespacial capaces de alcanzar grandes velocidades y altitudes. Desde los años sesenta fue propuesta la tecnología de motores aerorreacto-

res basados en combustión a velocidades supersónicas, llamados scramjets (supersonic combustion ramjets). Estos consisten en un motor sin partes móviles que, por medio de la alta presión dinámica aportada por su dispositivo de entrada en la etapa de compresión, generan las condiciones adecuadas del fluido para realizar la mezcla aire combustible a la entrada de la cámara de combustión en donde el proceso de combustión se realiza en su totalidad a velocidades supersónicas ($Mach > 1$).

Desde la década de 1990, el estudio en los vehículos aeroespaciales se ha incrementado, lo que ha generado desarrollos tecnológicos en toda la industria aeronáutica y aeroespacial. Un claro ejemplo de ello es el scramjet, el cual es un estatorreactor de combustión supersónica. Estos avances tecnológicos se intensifican para satisfacer la operatividad de las aeronaves que alcanzan altas velocidades. En otras palabras, a mayores velocidades, es necesaria la combustión supersónica para maximizar la eficiencia del proceso de combustión en la aeronave.

La canalización del flujo es la característica primordial del efecto tubérculo. De acuerdo con Fish y Battle (1995), el efecto tubérculo aumenta en un 8% la sustentación y disminuye en un 14% el arrastre para el caso de un perfil alar que opera a régimen subsónico. Dicha cualidad de la aleta pectoral de la ballena jorobada fue estudiada y analizada en el vehículo hipersónico aeroespacial brasilero (VHA 14-X B), demostrador tecnológico diseñado en el laboratorio de aerotermodinámica e hipersónica por el Profesor Henry T. Nagamatsu del Instituto de Estudios Avanzados (IEAv) (Barros, Alves, y Toro, 2013). Dicho vehículo es una aeronave experimental que opera a velocidades superiores de mach 7 y condiciones atmosféricas de 30 kilómetros de altitud, impulsada por un motor de compresión supersónica (scramjet) (Martos, Laiton, Lima, Costa y Toro, 2016).

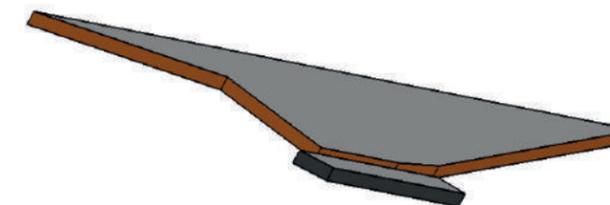


Figura 2. Aeronave VHA 14-X B. Fuente: tomada de Martos et ál. (2016).

Fontan, Antoniazzi y Pinheiro (2015) plantearon el objetivo de analizar la capa límite y sus interacciones con la onda expansiva en la rampa o sección de compresión del demostrador tecnológico VHA 14-X B. Esto puede ocasionar la separación del flujo, basados en los resultados obtenidos que reflejan la separación del flujo en la simulación realizada en la entrada del mismo. La canalización, y esta separación de flujo fue objeto del estudio, apreciando la onda de choque en la sección de compresión y expansión que se origina en la aeronave aeroespacial experimental VHA 14-X B.

Con el fin de aumentar las propiedades de rendimiento del VHA, se implementa el efecto tubérculo puesto que, como proponen Fontan et ál. (2015), la separación del flujo en la sección de compresión es evidente. Esto da la posibilidad de aplicar el efecto tubérculo verificando el comportamiento del flujo y sus propiedades a lo largo de cada una de las secciones de compresión del motor. Por medio de una simulación computacional usando como software CFD (Computational Fluid Dynamic) ANSYS-FLUENT (haciendo énfasis que la simulación es realizada con las características de un flujo calóricamente perfecto, es decir con $\gamma = 1.4$, flujo no viscoso), se identifican las diferentes configuraciones de tubérculos propuestas. Por lo tanto, al realizar estas configuraciones se caracterizan los tubérculos de acuerdo con la posición en la aeronave, la geometría de cada uno de ellos y se simulan las condiciones atmosféricas en donde opera el VHA. Asimismo, modificando los diferentes ángulos de ataque que presenta la aeronave durante su operación con el objetivo de obtener los datos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Metodología

Este estudio está basado en el tipo de investigación experimental. Este método, como afirma Ferrer (2010), "implica comparar el efecto de una condición entre dos grupos o más" (p. 4). Es decir, hacemos referencia a los posibles diseños postulados aplicando el efecto tubérculo al VHA 14-X B. A esto se debe la metodología cuantitativa que establece el análisis de los datos obtenidos por una simulación computacional.

El modelo de la superficie inferior del 14-X B fue diseñado basado en la teoría de flujo bidimensional compresible (relaciones de ondas de choque oblicua) y de onda de expansión (la teoría de Prandtl-Meyer) (Anderson, 1990), teniendo en cuenta el caso más simple, es decir, flujo no viscoso, aire como gas calóricamente perfecto y sin combustión del motor scramjet. Se aplicó la siguiente restricción: las ondas de choque incidentes generadas en la punta de las rampas de compresión de 5.5° y 14.5° golpean el carenaje del motor (condición de choque *on-lip*). La onda de choque refleja generada en el borde delantero del carenaje golpea la entrada de la cámara de combustión (condición de choque *on-corner*) como se muestra en la Figura 3.

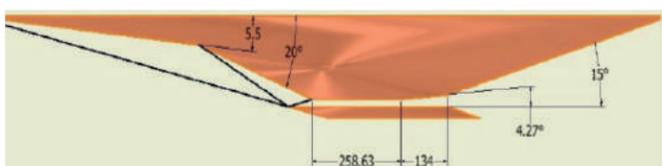


Figura 3. Aeronave VHA 14-X B. Fuente: tomada de Capistrano (2015) y Toro et al. (2018).

De acuerdo con las ondas de choque generadas en cada sección, se decidió incorporar biomimética como ciencia elemental en este estudio, partiendo de la forma sinusoidal de la aleta de la ballena jorobada. Se obtuvo como resultado la canalización de vórtices para proporcionar una mejor combustión y en dado caso mayor elevación.

A partir de este indicio, se realizaron modificaciones al modelo original de VHA 14X-B, dando origen a una serie de configuraciones donde se ubicaron estratégicamente los tubérculos en las primeras dos

rampas del modelo en cuestión. Conforme con Pachon (2017), "el objetivo del desarrollo de vehículos aeroespaciales aspirados es maximizar la eficiencia del sistema propulsor y al mismo tiempo reducir los costos de acceso al espacio" (p.2).

La propulsión aeroespacial actualmente es dominada por los sistemas de propulsión cohete, los cuales necesitan llevar en su estructura interna el combustible y un oxidante para realizar el proceso de combustión. Por lo tanto, uno de los inconvenientes en los VHA está dado por los sistemas cohete y en consecuencia de ello se limita la carga útil aproximadamente en un 6% del peso total del vehículo, ya los sistemas aspirados capturan el oxidante de la atmosfera permitiendo una mayor capacidad de carga útil (Toro et al., 2018). Por otro lado, en términos de eficiencia los sistemas aspirados tienen mayor impulso específico en relación a los motores cohete para velocidades menores a número de Mach 20, como es observado en la Figura 4.

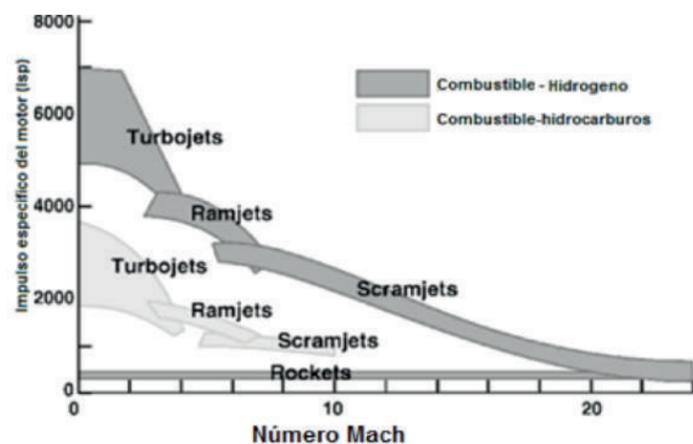


Figura 4. Impulso específico de motores aeroespaciales. Fuente: tomada de Pachon (2017).

De modo que la sección de estudio y análisis en la que se especificará es la sección de compresión mostrada en la Figura 5, en la que se ve un esquema 2D de la geometría del modelo 14-X B. La sección de compresión es formada por una rampa de compresión con un ángulo de 5.5° , seguida de una segunda rampa de compresión con un ángulo de deflexión de 14.5° . El carenaje del motor está posicionado perfectamente en la intersección de las ondas de choque formadas por ambas rampas, de tal manera que la

onda reflejada llega al borde superior de la cámara de combustión.

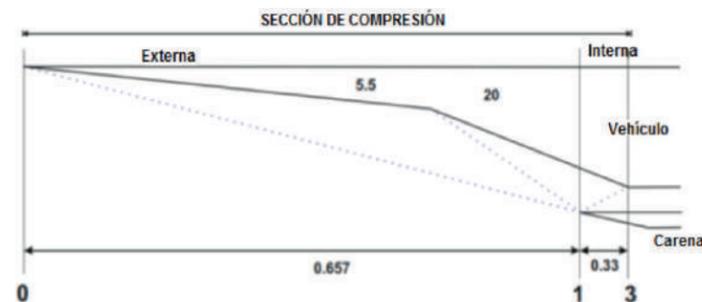


Figura 5. Geometría del dispositivo de entrada del VHA 14-X B. Fuente: tomada de Pachon (2017).

El proceso de compresión es realizado principalmente en dos etapas definidas por las deflexiones producidas por las superficies delanteras de la estructura del vehículo (externa) y por la compresión realizada por la onda de choque reflejada en el carenaje del motor, situada en la garganta del dispositivo (interna). La compresión externa es realizada a través de las dos ondas de choque oblicuas que se originan en las rampas del dispositivo de entrada del vehículo en estudio.

Para las condiciones ideales, Capistrano (2015), Martos (2016) y Pachon (2017) establecen que las ondas de choque inciden exactamente en el borde de ataque del carenaje del motor (condición *on-lip* en el borde de ataque). También son reflejadas en una única onda de choque que realiza la compresión interna del flujo e inciden en el borde de la pared superior del motor (condición *on-corne* justo a la entrada del motor). La estructura de las ondas de choque de la Figura 3, es generada bajo condiciones de flujo dadas anteriormente con el modelo 14-X B con un ángulo de ataque nulo (0°).

Las configuraciones propuestas son realizadas con base en el modelo original aplicando únicamente modificaciones en la sección de estudio y la sección de compresión. Las configuraciones más destacadas de acuerdo a la aplicación del efecto tubérculo, donde se caracterizan las protuberancias en las rampas de compresión del VHA 14-X B con el fin de aportar datos y resultados para las condiciones fuera de diseño. Es decir, cuando el VHA tiene o adquiere un ángulo de ataque diferente de 0° , puesto que la entrada de aire del motor scramjet es la encargada de desacelerar y entregar a la cámara

de combustión el flujo de aire en las condiciones adecuadas para la combustión, dentro del rango de operación del motor, que tiene los siguientes ángulos de ataque 2.5° , 5° , -2.5° y -5° .

Dado que los tubérculos de la aleta pectoral de una ballena jorobada son asimétricos, como los podemos observar en la Figura 6, en relación con ello lo único que se mantiene es su forma sinusoidal. Luego de haber realizado varios modelos CAD, las configuraciones más óptimas para el presente estudio se muestran en la Tabla 1.



Figura 6. Tubérculos de la aleta pectoral de la ballena jorobada. Fuente: tomada de Palacios, BF Ng y TH New (2016).

Tabla 1. Configuraciones del VHA 14-X B propuestas y diseñadas por los autores

NÚMERO	CONFIGURACIÓN	UBICACIÓN TUBERCULO	NÚMERO DE TUBERCULOS	RADIO DEL TUBERCULO	DETALLADO TUBERCULO
1		SECCION DE COMPRESION RAMPA 1	1	2340 mm CONVEXO	
2		SECCION DE COMPRESION RAMPA 1	5	30 mm	
3		SECCION DE COMPRESION RAMPA 1	2	250 mm	
4		SECCION DE COMPRESION RAMPA 1	1	900 mm CONCAVO	
5		SECCION DE COMPRESION RAMPA 1	2	250mm	
6		SECCION DE COMPRESION RAMPA 2	2	5mm	

Metodología CFD

Para la realización de la simulación se consideraron los parámetros de diseño del VHA 14-X B. De acuerdo con ello, como se ha señalado anteriormente, su operación es a una velocidad de Mach 7 con una altitud de 30 Km. Por ello nos remitimos a The U.S. Standard Atmosphere (1976), un documento basado en datos experimentales recolectados y revisados periódicamente por la NASA, para determinar las propiedades del flujo descritas a continuación: temperatura = 226.5 K, presión = 1197 Pa, densidad = $1,841 \times 10^{-2}$ Kg/m³, velocidad del sonido = 301.7 m/s. Partiendo de estos datos iniciales se realizó una simulación de CFD en ANSYS, donde se compararon los datos obtenidos en referencia con simulaciones basadas en el caso 1 de Barros et ál. (2013). La simulación fue reali-

zada con las características de un flujo calóricamente perfecto, es decir con $\gamma=1.4$ y flujo no viscoso.

El dominio computacional fue diseñado de acuerdo con las condiciones de vuelo anteriormente nombradas basándose en las medidas de referencia de la sección de pruebas del túnel Hipersónico del IEAv (Barros et ál., 2013), como aparece en la Figura 7.

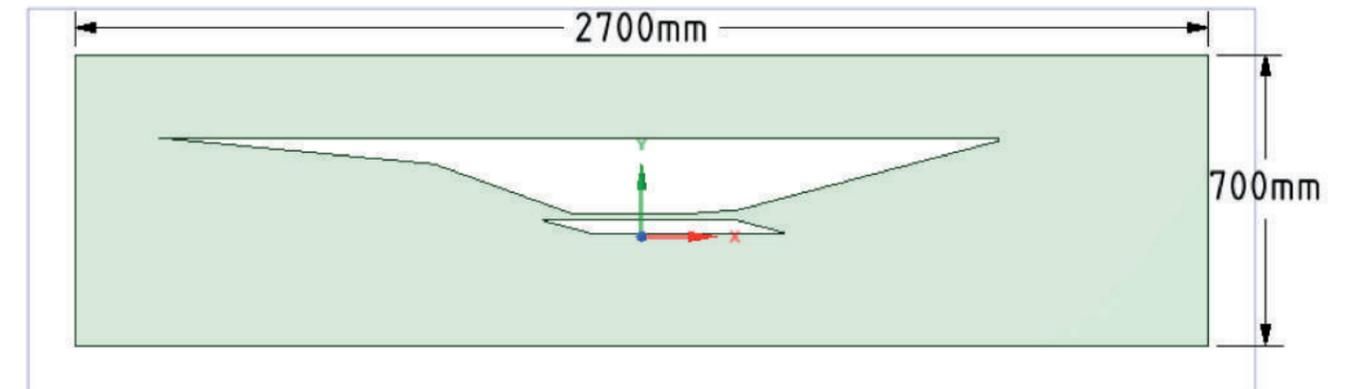


Figura 7. Dominio Computacional.

La geometría 2D utilizada es la que se observa en la Figura 3. En cuanto al preprocesamiento de la simulación se utilizó una malla de método (multizone Quad/Tri), que genera una malla que mapea la geometría generando así una malla de tipo hexagonal de manera independiente para las zonas críticas de la geometría (rampas). Esta es alineada en dirección al flujo y genera otra malla de tipo cuadrada y triangular para las zonas de menor análisis.

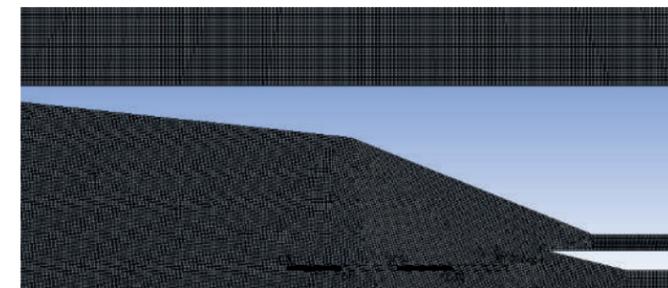


Figura 8. Detalle de Malla.

Como último paso previo al preprocesamiento, se nombran las secciones del VHA (ver Figura 9), para configurar las condiciones de frontera y análisis en el posprocesamiento.

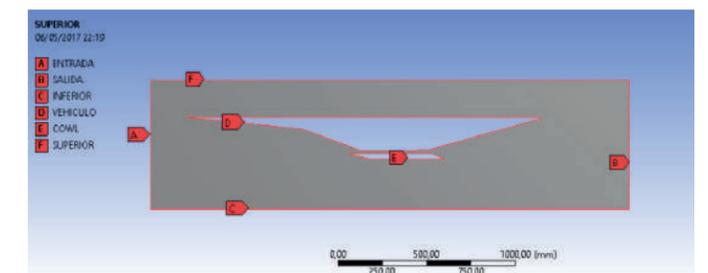


Figura 9. Secciones de estudio de la placa 2D.

El posprocesamiento de la simulación fue realizado con un modelo de flujo no viscoso (Inviscid), en el que se establecieron las condiciones del flujo para la operación normal del VHA. Seguido a ello, se configuró el material, que para este caso es el flujo de aire (teniendo en cuenta las características del aire como gas ideal). Las secciones a configurar fueron entrada, inferior y superior como condición de frontera Pressure Far-Field, determinando las variables de flujo en dirección al eje X (presión, temperatura y Mach) de manera constantes. Para la sección de salida se determinó la condición de frontera (Pressure Outlet) y como última condición las secciones de vehículo y cowl (carena), fueron tomadas como pared, tipo (Wall).

El método de solución utilizado fue de formulación implícita, con un tipo de flujo Roe-FDS, el cual es un flujo convectivo, usando ecuaciones de primer orden para el flujo. El monitoreo de criterio de la convergencia fue de tipo absoluto con un total de 1500 iteraciones con el fin de obtener valores con mayor certeza y exactitud.

Análisis y resultados

En esta sección se evidencian los resultados más significativos de la simulación. Se aprecian aspectos positivos y negativos de las configuraciones 3, 5 y 6 propuestas, enfatizando las variables de presión y temperatura a la entrada del VHA 14-X B. Estas son más importantes al momento de la combustión, dada las circunstancias de que esta debe hacerse en flujo supersónico.

La configuración 3 (rampa 1, dos tubérculos convexos de 250 mm) presenta un aumento presión que facilita la compresión del flujo en la sección compresión-interna, como se observa en la Figura 10.



Figura 10. Detalle de presión-configuración 3 (0°).

En comparación con la configuración original (Figura 11), se puede notar la generación del tren de ondas de choque, iniciado por la reflexión de ondas en la primera y segunda rampa hasta la sección de

compresión-interna donde se empieza a elevar la presión. La presión después de la segunda rampa es de 5719 Pa para la configuración 3 y de 2878 Pa para el modelo original.



Figura 11. Contornos de colores de Presión en la sección de compresión-configuración inicial (0°).

Se muestra en la Figura 12 (configuración 3 a 0°) y en la Figura 13 (configuración inicial a 0°) la variación de la presión con respecto a lo largo del VHA. La presión empieza a elevarse desde 1 metro de longitud del VHA 14-X B llegando hasta 116.300 Pa para la configuración 3 a 0° y para la configuración inicial 85.550 Pa, argumentado que a partir de esta

distancia corresponde la entrada del motor. Así, son satisfactorios los resultados obtenidos, puesto que, de acuerdo con los datos experimentales y resultados de la simulación CFD de Martos et al. (2016), los datos obtenidos presentan el mismo comportamiento cualitativo.

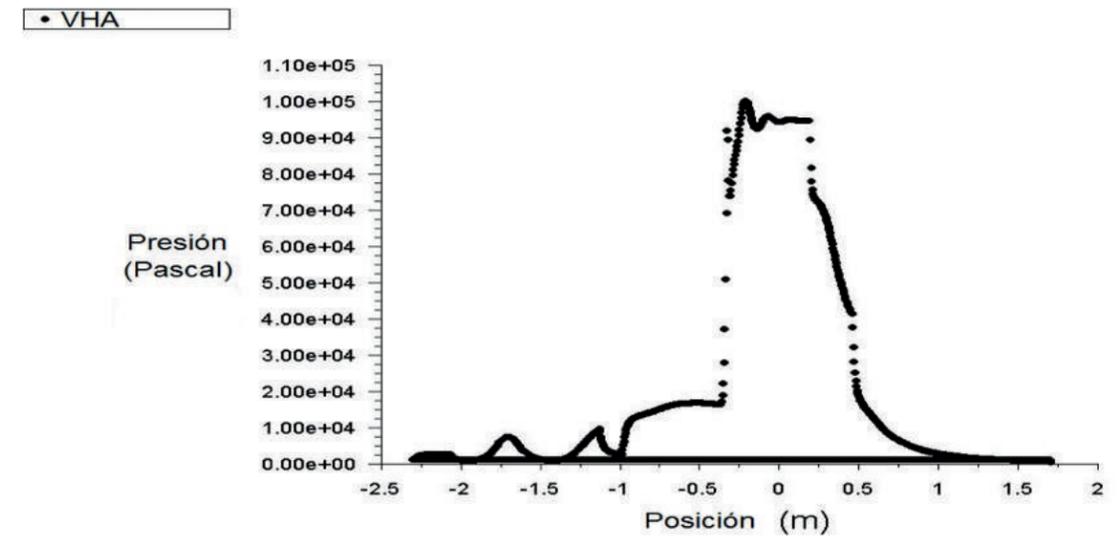


Figura 12. Presión vs posición a lo largo de la superficie del VHA 14-X B, configuración 3 (0°).

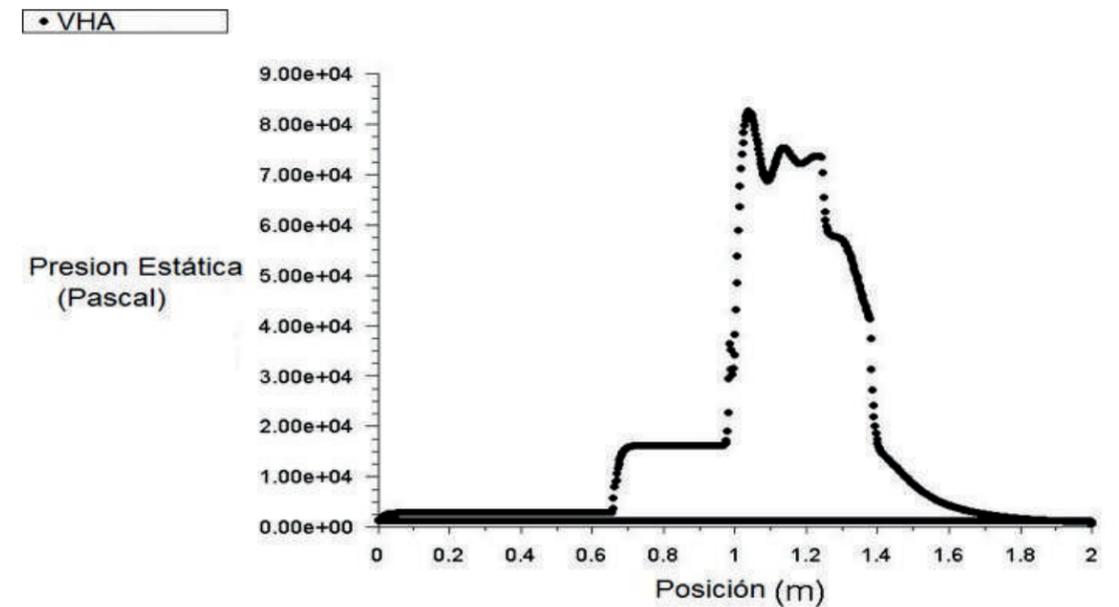


Figura 13. Presión estática vs posición a lo largo de la superficie del VHA 14-X B.

La configuración 5 (rampa 1, dos tubérculos convexos menos pronunciados de 250 mm) presenta una mayor eficiencia cuando es sometido a un ángulo de ataque negativo (-5°). La presión aumenta gradualmente de la sección de compresión-interna a la

sección de ignición (ver Figura 5), manteniendo una compresión del flujo y logrando mantener una temperatura constante dentro de la sección de ignición (ver Figura 15), y conservando la proporcionalidad directa de la densidad con respecto a la presión.



Figura 14. Detalle de presión-Configuración 5 (-5°).



Figura 15. Detalle de temperatura-Configuración 5 (-5°).

Una de las limitaciones de los vehículos aeroespaciales para lanzar cargas útiles en la órbita de la Tierra o fuera de ella consiste en que requieren restricciones enfatizadas en disminuir constantemente su tamaño, peso y consumo de energía en los vehículos de lanzamiento. Estos desafíos demandan innovación, nuevos patrones o modelos a seguir para crear métodos de producción y tecnología inéditas de estrategia natural (Toro et ál., 2018; Mar-

tos et ál., 2016). Al aplicar el efecto tubérculo en el VHA 14-X B, para esta configuración, debido a la geometría de la forma de tubérculo como efecto secundario hay una reducción de material lo cual es asumida como menor carga estructural. Esta es una ventaja al momento de llevar una mayor carga útil, dando una posible solución a la limitación enunciada al principio de este párrafo y resolviendo parte del objetivo de Pachon (2017).

Asimismo, la configuración 5 presenta óptimas condiciones de flujo en su variación de ángulo de ataque con respecto a las demás configuraciones. Es de destacar el modelo con ángulo de ataques negativos debido al aumento gradual de presión que en consecuencia trae consigo un aumento en la temperatura de manera constante, para ser la más adecuada para la ignición del hidrogeno.

aumentar progresiva y proporcionalmente con respecto a la presión, la temperatura de autoignición del hidrógeno es de 858 K (Anderson, 2006). Según el Figura 16 (configuración 5 a -5°), la temperatura en la sección de compresión-interna hacia la sección de ignición denota una temperatura de 1005 K a 1028 K, y el modelo inicial alcanzó una temperatura en la misma aérea de 1000 K a 1260 K (Figura 17), siendo en ambos casos superior a 858 K, por lo cual no hay problema alguno para la ignición del combustible.

De acuerdo con el modelo original del VHA 14-X B, se puede apreciar que la temperatura empieza a

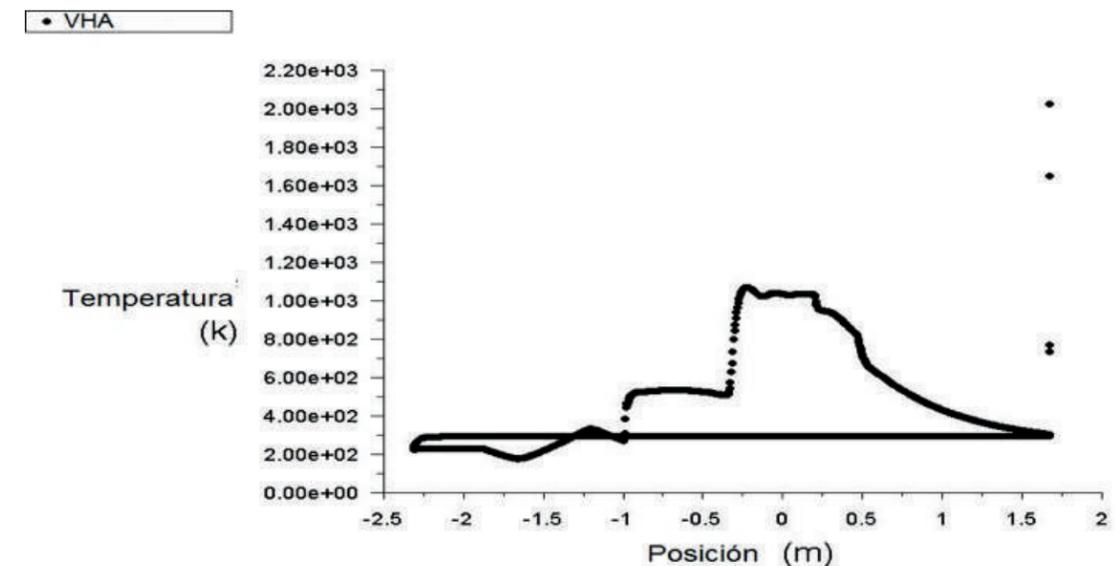


Figura 16. Temperatura vs. posición a lo largo de la superficie del VHA 14-X B, configuración 5 (-5°).

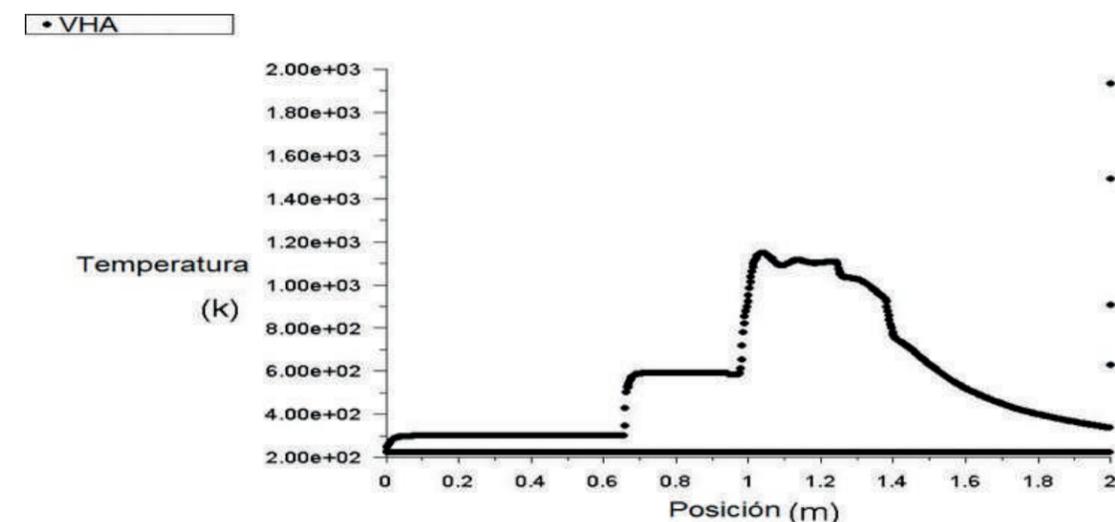


Figura 17. Temperatura estática vs posición a lo largo de la superficie del VHA 14-X B.

El próximo modelo es la configuración 6 (rampa 2, dos tubérculos de 5mm). A pesar de que presenta las condiciones de *on-lip* y *on-corner* en la mayoría de los ángulos de ataque analizados (excepción ángulo de ataque a -2.5°), los tubérculos ubicados al finalizar la rampa dos toman la funcionalidad de

obstrucción del flujo haciendo débil la reflexión de la onda de choque oblicua. En consecuencia de ello, se presenta una caída de presión en la sección de compresión-interna (ver Figura 18), que posiblemente afecte la operación del motor *scramjet*.



Figura 18. Detalle de presión-Configuración 6 (-0°).

Para cualquiera de las configuraciones, cuando la onda de choque de la primera rampa no pega directamente en el carenaje del motor se le conoce como spillage (Martos et ál., 2016). En este caso hay un derrame de flujo o masa de aire debido a la diferencia de áreas entre las ondas de choque. En otras palabras, hay mayor derrame de flujo debido a que la onda de choque en condición fuera de diseño con ángulo de ataque positivo es posicionada más lejos y afuera del borde de ataque del carenaje, a diferencia de los ángulos negativos que presentan la condición *on-corner* para otras configuraciones.

Por otro lado, no es recomendable la aplicación del efecto tubérculo en la segunda rampa, sección de compresión-interna, ya que afecta drásticamente las propiedades del flujo. Esto se debe a que su comportamiento en esta zona es de generación de vórtices, que para este caso no realiza la adherencia al flujo sino una turbulencia en la entrada del *scramjet*, perjudicando su funcionamiento.

Con este estudio se evidencia la canalización del flujo hacia la cámara de combustión, lo cual permite un direccionamiento del flujo que se comprime. Por consiguiente, se afirma que el efecto tubérculo

lo presenta viabilidad en las configuraciones para ángulos de ataque negativos, destacando así una de las ventajas del efecto tubérculo de aumentar el ángulo de elevación para que una aeronave no entre en pérdida (Fish, Howle y Murray, 2008; Ferraz et ál. 2014). Esto permite que haya una mayor presión en sección de compresión interna para mantener la compresión de flujo para la ignición del hidrógeno con respecto al modelo VHA 14-X B en condiciones de diseño y fuera de diseño (ángulo de ataque nulo y variación de mismo).

Conclusiones y recomendaciones

El VHA 14-X B presenta una separación de flujo durante la segunda rampa cuando hay incidencia de ondas de choque. Esto lo pudo resolver el efecto tubérculo al aumentar la adherencia de la capa límite por medio de la generación de vórtices debido a los relieves sinusoidales que presenta.

Con respecto al comportamiento del flujo del modelo original con las configuraciones propuestas, se evidencia una variación en las propiedades del flujo de aire. Esto es consecuencia de que para ángulos de ataque positivos las propiedades como densidad, presión y temperatura del flujo aumentan considerablemente en la sección de compresión-interna. Se demostró que hay configuraciones propuestas que presentaron la condición *on-corner*, facilitando la compresión del flujo en la cámara de combustión por medio de la deflexión de la onda de choque oblicua, que trae como resultado una disminución en la velocidad en la cámara de combustión. Así, esta es la apropiada para la operación de un motor *scramjet* al aumentar las propiedades del flujo como la presión, la densidad y la temperatura.

El efecto tubérculo es muy ventajoso al momento de someter un VHA 14-X B con un ángulo de ataque negativo, aumentando las condiciones de presión en la sección de compresión-interna. De esta manera, la investigación arroja que la temperatura dentro de la cámara de combustión es suficiente para la ignición dentro de la cámara de sección de combustión-interna.

Se da una propuesta de conocimiento para que se llegue a una implementación adecuada de un *scramjet*, mejorando la tecnología, ya que aún se tienen muchos retos para los vuelos hipersónicos, y depositar cargas en el espacio u órbita. El efecto tubérculo sigue aportando buenas características aerodinámicas para futuros estudios ya que el *scramjet* trae consigo una propulsión más interesante que los motores convencionales, es más económico y ecológicamente el más atractivo.

Se sugiere analizar el VHA 14-X B en diferentes ángulos de ataque realizando una simulación CFD en condiciones variables de la constante adiabática del aire, es decir no considerando un gas calóricamente perfecto. De esta manera se podría asegurar la implementación del efecto tubérculo en un 100 % cuando se considere una prueba de vuelo real.

Referencias

- Anderson, J. (1990). *Modern compressible flow, with historical perspective* (2.aEd.). New York, Hamburg: McGraw-Hill.
- Anderson, J. (2006). *Hypersonic and high-temperature gas dynamics* (2.a Ed.). EE. UU.: AIAA Education series.
- Barros, G., Alves, V., y Toro, G. (2013). Brazilian 14-x B hypersonic *scramjet* aerospace vehicle analytic theoretical analysis at mach number 7. En *22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM)*. Congreso realizado en Ribeirão Preto, Brasil.
- Blanco, M. (2011). *Biomimética: la ciencia extrae los secretos de la naturaleza para los grandes inventos*. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=47513>
- Bolzon, M., Kelso R., y Arjomandi, M. (2015). Tubercles and their applications. *Journal of Aerospace Engineering*, 29(1), 04015013.
- Capistrano, P. (2015). *Análise de desempenho do veículo hipersônico aeroespacial 14-X B* (tesis de maestría). Programa de Ciencias y Tecnologías Espaciales, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil.
- Canter, N. (2008). Humpback whales inspire new wind turbine technology. *Tribology & Lubrication Technology*, 64(12), 10-11.
- Ferraz, J., Carr, R., Gao, S., Jameson, A., Lee, C., Lu, D., Wienkers, A., y Yuan, C. (2014). *Investigation of the effect of tubercles on airfoil performance*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/08ac/64172a3dfc570fdc-25f4d5efb5ab2f8bfba7.pdf>

Ferrer, J. (2010). *Conceptos básicos de la metodología de la investigación*, tipos de investigación y diseño de investigación. Recuperado de <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>

Fish, F., y Battle, J. (1995). Hydrodynamic design of the humpback whale flipper. *Journal of Morphology*, 225(1), 51-60.

Fish, F., Howle, L., y Murray, M. (2008). Hydrodynamic flow control in marine mammals. *Integrative and Comparative Biology*, 48(6), 788-800.

Fish, F., Weber, P., Murray, M., y Howle, L. (2011). The tubercles on humpback whales' flippers: application of bio-inspired technology. *Integrative and Comparative Biology*, 51(1), 203-213.

Fontan, M., Pinheiro, R., y Antoniazzi, M. (2015, 11 de junio). A numerical analysis of boundary-layer/shock wave interactions in the compression ramps of scramjet intakes. En *23rd International Congress of Mechanical Engineering*. Congreso realizado en Río de Janeiro, Brasil.

Martos, J., Laiton, S., Lima, B., Costa, F., y Toro, P. (2016). Investigación experimental del vehículo aeroespacial brasileño 14-X B. En *IV Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica*. Encuentro realizado en el Instituto Universitario Aeronáutico, Córdoba, Argentina.

Misklosovic, D., y Murray, M. (2004). *Leading edge tubercles, delay stall on humpback whale flipper*. *Physics of fluids*, 16(5), L39-L42.

Pachon, S. (2017). Análisis teórico de la entrada de aire del Vehículo 14-X B en condiciones de ángulo de ataque. En *IV Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica*. Encuentro realizado en el Instituto Universitario Aeronáutico, Córdoba, Argentina.

Palacios R., BF Ng y TH New. (2016). Effects of leading-edge tubercles on wing flutter speeds. *Bioinspiration & biomimetics*, 11(3), 036003.

Rocha, E., Rodríguez, J., Martínez, E., y López, J. (2012). *Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza*. *Investigación y Ciencia*, 20(55), 56-61.

Sarfati, J. (2008). *By design*. Georgia: Creation Book Publishers

Toro, P., Carneiro, R., Araújo J., da Silva, W., Santos, M., Borba, G., Martos, J., y da Silveira, R. (2018, noviembre). Design and analysis of a generic scramjet air inlet. En *17th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering*. Congreso realizado en Águas de Lindóia, Brazil.



Technology and Innovation

Nancy Esperanza Olarte López
Universidad Militar
Nueva Granada

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Universidad Militar
Nueva Granada

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Universidad Militar
Nueva Granada

Spectral Analysis of an Amateur Radio Antenna Design *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 200-215

Citación: Olarte, N., Orrego, C., y Echeverry, G. (2019). Análisis espectral del diseño de una antena de radio afición. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 200-215
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

Nancy Esperanza Olarte López

Ingeniera en Telecomunicaciones, Especialista en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación.
nancy.olarte@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000812781
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7029-4006?lang=es>
Índice H: 8

Carlos Antonio Orrego Muñoz

Licenciado en Electrónica, Especialista tecnológico en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Máster en Ingeniería de Sistemas Electrónicos, Máster en Ingeniería Biomédica.
carlos.orrego@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001412437
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-1169?lang=en>

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones.
gustavo.echeverry@unimilitar.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001482522

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

1 * Research article based on the Scientific Initiation Project PIC – ING – 2261: “Spectral analysis and Design of amateur radio antennas”. Attached to Research Group GI-iTEC (Technology Innovation and Research Group for Electronics and Communications). Funded by Universidad Militar Nueva Granada.

Abstract

Nowadays, amateur radio can be, in extreme cases, one of the last remaining communication resources. Its worldwide relevance and number of followers increase daily, contributing to the creation of local amateur radio organizations.

On the other hand, knowing how to design different kinds of amateur radio antennas is of great interest not only to the communities that make up such organizations, but also to those in the academic field, particularly as it concerns practical experience with communications systems, and in regard to emergency or disaster situations.

This research shows the process to design an antenna prototype that can be made using easy-to-find elements. Furthermore, it shows the transmission and reception tests carried out after the construction of the prototype, with the aim of con-

ducting a spectrum analysis within a local setting.

First, the text offers a brief explanation of the importance of amateur radio in communication; next, there is a description of the antenna type chosen and the methods applied to its construction; then, there is a comparative analysis of the different tests carried out at various transmission powers and at different distances in a local scenario.

Key Words:

Antenna, Communication, Power, Radio Amateur, Reception, Transmission, Yagi-Uda

Tecnología e Inovação

Nancy Esperanza Olarte López
Universidad Militar
Nueva Granada

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Universidad Militar
Nueva Granada

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Universidad Militar
Nueva Granada

Análise espectral do desenho de uma antena de radioamador *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 200-215

Citación: Olarte, N., Orrego, C., y Echeverry, G. (2019). Análisis espectral del diseño de una antena de radioafición. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 200-215
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

Nancy Esperanza Olarte López

Ingeniera en Telecomunicaciones, Especialista en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación.
nancy.olarte@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000812781
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7029-4006?lang=es>
Índice H: 8

Carlos Antonio Orrego Muñoz

Licenciado en Electrónica, Especialista tecnológico en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Máster en Ingeniería de Sistemas Electrónicos, Máster en Ingeniería Biomédica.
carlos.orrego@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001412437
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-1169?lang=en>

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones.
gustavo.echeverry@unimilitar.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001482522

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

1 * Artículo de pesquisa, derivado do Projeto de Iniciação Científica PIC - ING - 2261: "Desenho e análise espectral de antenas de radioamadores". Adscrito ao Grupo de Pesquisa GI-ITEC (Grupo de Pesquisa e Inovação Tecnológica em Eletrônica e Comunicações). Financiado pela Universidade Militar Nueva Granada.

Resumo

O radioamador hoje em dia é um dos últimos recursos de comunicação em casos extremos. A sua importância no âmbito mundial e número de seguidores dia a dia aumenta, contribuindo à formação de ligas de radioamadores locais.

Por outro lado, o conhecer como desenhar tipos de antenas de radioamador também é de grande interesse para não só as comunidades que conformam as ligas, como também se incrementa no âmbito acadêmico, particularmente na prática em um sistema de comunicação e sua consideração em entornos de emergências e desastres.

Esta pesquisa evidencia como se propôs o desenho de um protótipo de antena a partir de elementos de fácil acesso e posterior a sua construção, as provas

de transmissão e recepção para sua análise espectral em um ambiente local.

Em primeiro lugar, brevemente se explica a importância do radioamador nas comunicações, logo se realiza uma descrição sobre o tipo de antena escolhida e os métodos empregados para a sua construção, posteriormente se realiza uma análise comparativa das diferentes provas realizadas sob as diferentes potências de transmissão e distâncias em um cenário local.

Palavras-chave:

antena, comunicação, potência, radioamador, recepção, transmissão, Yagi-Uda.

Tecnología e Innovación

Nancy Esperanza Olarte López
Universidad Militar
Nueva Granada

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Universidad Militar
Nueva Granada

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Universidad Militar
Nueva Granada

Análisis espectral del diseño de una antena de radio afición *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 200-215

Citación: Olarte, N., Orrego, C., y Echeverry, G. (2019). Análisis espectral del diseño de una antena de radio afición. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 200-215
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

Nancy Esperanza Olarte López
Ingeniera en Telecomunicaciones, Especialista en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación.
nancy.olarte@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000812781
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7029-4006?lang=es>
Índice H: 8

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Licenciado en Electrónica, Especialista tecnológico en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Máster en Ingeniería de Sistemas Electrónicos, Máster en Ingeniería Biomédica.
carlos.orrego@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001412437
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-1169?lang=en>

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones.
gustavo.echeverry@unimilitar.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001482522

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

1 *Artículo de investigación, derivado del Proyecto de Iniciación Científica PIC – ING – 2261: “Diseño y análisis espectral de antenas de radioaficionados”. Adscrito al Grupo de Investigación GI-ITEC (Grupo de Investigación e innovación Tecnológica en Electrónica y Comunicaciones). Financiado por la Universidad Militar Nueva Granada.

Resumen

La radio afición hoy en día es uno de los últimos recursos de comunicación en casos extremos. Su importancia en el ámbito mundial y número de seguidores día a día aumenta, contribuyendo a la formación de ligas de radioaficionados locales. Por otro lado, el conocer cómo diseñar tipos de antenas de radio afición también es de gran interés para no solo las comunidades que conforman las ligas, sino también se incrementa en el ámbito académico, particularmente en la práctica en un sistema de comunicación y su consideración en entornos de emergencias y desastres.

Esta investigación evidencia como se planteó el diseño de un prototipo de antena a partir de elementos de fácil acceso y posterior a su construc-

ción, las pruebas de transmisión y recepción para su análisis espectral en un entorno local.

En primer lugar, brevemente se explica la importancia de la radio afición en las comunicaciones, luego se lleva a cabo una descripción sobre el tipo de antena escogida y los métodos empleados para su construcción, posteriormente se realiza un análisis comparativo de las diferentes pruebas llevadas a cabo bajo diferentes potencias de transmisión y distancias en un escenario local.

Palabras clave:

antena, comunicación, potencia, radio afición, recepción, transmisión, Yagi-Uda.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 1/11/2019
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introducción

Hoy en día las telecomunicaciones en emergencia son reconocidas como un punto clave en la prevención y atención de desastres [1]. Si bien desde el año 2003 la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ha hablado del Servicio de Telecomunicaciones en Emergencias (Emergency Telecommunication Service - ETS) [2], este, en la mayoría de los países, no se ha implementado dentro de sus redes públicas [3].

La implementación del ETS cuenta con mayores avances en cuanto a infraestructura. Ello se evidencia en el caso de Estados Unidos mediante el monitoreo y control, derivado del desastre generado por el Huracán Katrina [4]. Por lo tanto, gran número de países de América Latina han venido implementando redes de comunicaciones en emergencias, concepto que simplemente se trata de redes de radio aficionados que apoyan en situaciones de emergencias; sin embargo, esto no tiene los mismos resultados que los ETS por varias razones. Primera, porque es una red privada; segundo, porque es restringida al ser de usuarios que hagan parte de algunas instituciones como: La Cruz Roja, Bomberos, Policía etc. De este modo, es notorio en el mundo que las implementaciones de los ETS sean muy escasas, siendo así tan importantes en la actuación ante situaciones de desastre [5].

De hecho, en la última década, Latinoamérica ha atravesado escenarios de emergencias y desastres a causa de fenómenos naturales o fallas humanas; no obstante, poblaciones han aunado esfuerzos para diseñar protocolos de respuesta ante estos inconvenientes [6]. A pesar de tal medida, es necesario revisar fortalezas y debilidades en estas respuestas, considerando que sean inmediatas y eficaces, sin duplicar cargos y funciones, organizadas y sin ocasionar caos en el momento de atender la emergencia [7].

En Colombia han ocurrido, durante los últimos años, catástrofes naturales en las cuales los radio aficionados intervienen para lograr comunicación en el

menor tiempo posible a fin de establecer una búsqueda de apoyo. Lo anterior debido a que las comunicaciones cableadas y no guiadas probablemente colapsan a raíz de: no contar con la energía suficiente, la interconexión en uno de sus nodos, y porque el país no se encuentra preparado para enfrentar un momento de adversidad (en términos de logística) ni tampoco para poner en funcionamiento medios de comunicación alternos o de reserva. [8]

Ejemplo de desastres ocurridos en el país, donde las comunicaciones han estado en riesgo y ha existido una participación de radioaficionados, son: la erupción del volcán del Ruiz y la desaparición del municipio de Armero (1.985), el deslizamiento de Villatina en Medellín (1.987), el terremoto de Armenia (1.999), las inundaciones del sur del Atlántico (2010) [8] y la reciente avalancha en Mocoa - Putumayo (2017).

En función de eficacia en sistemas de radiocomunicaciones en emergencias y desastres, la preparación se logra si las organizaciones, los equipos de trabajo y las instituciones mantienen un ciclo secuencial entre actividades como las siguientes: planificación, organización, capacitación, equipamiento, ejercitación, evaluación y acciones de mantenimiento correctivo y preventivo. Además de contar con procedimientos operativos y de simulacros hacia la atención de emergencias y desastres [9].

De manera similar, la construcción de escenarios para la transmisión y recepción de datos (mediante antenas de tipo radioaficionado) podría presentarse como una estrategia pedagógica que posibilite el afianzamiento de los conocimientos a través de la práctica. Ello integra diferentes conceptos y teorías empleadas en los sistemas de comunicación.

Por lo anterior, existen iniciativas desde la academia para que estudiantes tomen conciencia de la importancia de las radiocomunicaciones en emergencias y desastres. De ahí que sea pertinente conocer la construcción de antenas con elementos a la mano y aplicar la teoría de su funcionamiento, todo con mi-

ras a analizar su frecuencia de trabajo, su diagrama espectral y las pérdidas de propagación en un escenario local.

En ese sentido, esta investigación es experimental y de corte cuantitativo cuya variable dependiente son las pérdidas de potencia y la independiente la distancia.

Por ende, se diseñó una antena Yagi de mano para una frecuencia de 850MHz en banda UHF. Dentro del análisis de pérdidas, el problema de las tierras se solucionó elevando las antenas a más de 40 centímetros del suelo. En trabajos futuros se podría implementar el análisis de patrón de radiación para las antenas diseñadas, también el análisis espectral para espacios abiertos y a mayores distancias.

Así pues, el presente documento (posterior a esta introducción) se divide en la sección de la perspectiva o referente teórico donde se describen los conceptos que fundamentan la investigación. Luego, la perspectiva metodológica donde se incluyen la estructura en fases para su desarrollo y, posterior, se presentarán los resultados encontrados respecto al análisis de pérdidas según diferentes frecuencias y distancias. Finalmente, están las conclusiones del estudio junto con las recomendaciones futuras y, al cierre, las referencias en las cuales se encontrará el soporte bibliográfico.

Referente teórico

A través de la historia la humanidad ha tenido la necesidad de mantener comunicación entre diferentes puntos, dentro y fuera de la tierra. donde se encuentra ubicada una comunidad o en su defecto individuo. Aun a merced de las circunstancias que pudiesen llegar a presentarse, tales como: emergencias, desastres y catástrofes.

Para los escenarios de comunicaciones por radio, sean locales o remotos, es importante tener en cuenta algunos términos básicos que a continuación son explicados.

Proceso de comunicación

Es el procedimiento mediante el cual se transmite una información entre emisor y receptor de forma local o a distancia. Aquí los elementos que lo componen son: emisor, quien es el que envía o transmite la información (puede ser un individuo, grupo poblacional o máquina); receptor, que es quien recibe o a quien se le entrega la información (puede ser un individuo, grupo poblacional o máquina); el código compuesto por signos o símbolos, el cual sirve para codificar el mensaje; y el medio o canal, desde donde puede ser guiado o no guiado y constituye el camino por el que se va transmitiendo el mensaje (Ver Figura 1).



Figura 1. Proceso de la Comunicación [9].

Radioafición

La radioafición, más que un interés, es un servicio cuyo propósito es "la auto - instrucción, la intercomunicación y las investigaciones efectuadas por radioaficionados" [7].

Quiénes la conforman puede ser cualquier persona siempre y cuando tenga la voluntad y el deseo de adquirir algunos conocimientos básicos (Ver Figura 2). Así mismo, los radioaficionados enfocan parte de sus esfuerzos día a día, no sólo por el gusto o por el intercambio que se puede dar al hacer parte de este grupo de aficionados, sino porque reconocen la importancia que esto puede tener bajo cualquier eventualidad posible.



Figura 2. Radioaficionado en la ciudad de Bogotá.

La radioafición también es "un medio para que las personas se desarrollen en el ámbito científico y tecnológico" [10], bajo el uso de bandas del espectro radioeléctrico, las cuales tiene las siguientes características para la comunicación por radio:

- Banda exclusiva: solo los radioaficionados pueden usarlas.
- Banda de uso compartido: los radioaficionados pueden compartirlas con otros usuarios.
- Banda compartida primaria: los radioaficionados son prioritarios en su uso.
- Banda compartida secundaria: los radioaficionados deben abstenerse de interferir a los usuarios con banda compartida primaria [10].

Antena Yagi-Uda

Este tipo de antena es un arreglo de dipolos con máxima dirección de radiación a lo largo de su eje principal. Su ancho de banda es estrecho y su impedancia de entrada es baja. Los dipolos de dicho artefacto se organizan según cálculos en función de la longitud de onda, colocados de forma paralela entre ellos [11].

Uno de sus dipolos es activo, el cual es alimentado de forma directa; los demás son pasivos o elementos parásitos. Solo el dipolo ubicado detrás del activo sirve de reflector, y los restantes, ubicados delante del dipolo activo o radiador, hacen las veces de directores [11] como se observa en la Figura 3.

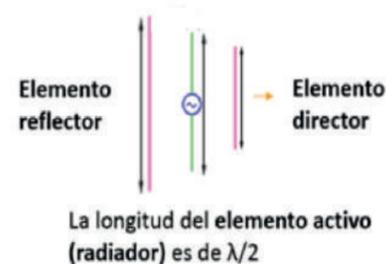


Figura 3. Elementos que componen una antena Yagi-Uda.

Este tipo de antena se utiliza para la transmisión de señales de televisión y también en comunicaciones por radio frecuencia.

Decibelio

Resultado logarítmico de la relación entre dos magnitudes, sean de origen acústico, eléctrico o entre la que se estudia y analiza una situación de referencia. Su unidad es el belio (B), que equivale a 10 decibelios (o 10 veces B), representando un aumento de potencia de 10 veces sobre la magnitud de referencia [12].

Metodología

La investigación experimental de corte cuantitativo se llevó a cabo mediante una serie de fases, las cuales se pueden apreciar a continuación:

- Fase uno: Diseño de la antena.
- Fase dos: Caracterización y ancho de banda.
- Fase tres: Adecuación, pruebas y análisis espectral.

Fase uno: diseño de la antena

En esta se consideró que la antena a diseñar cumpliera con las siguientes características: portabilidad, bajo costo (materiales para su construcción) y maniobrabilidad.

A partir de lo anterior, se seleccionó la antena Yagi-Uda de 3 elementos con una longitud de 70 centímetros, en banda UHF (Ultra High Frequency).

Los materiales utilizados fueron: cable RG-58, barras de aluminio, tapones plásticos, tornillos, conector BNC macho y balun. Esto fue suficiente para que en su diseño se tuviesen en cuenta los tres elementos que se muestran de la Figura 4 bajo el estándar aproximado que allí se evidencia, con un lambda (λ) o longitud de onda de 60 centímetros.



Figura 4. Cálculos para el diseño de antena Yagi-Uda

Para el elemento reflector, la longitud total es de 33 centímetros, la longitud del elemento radiador de 30 centímetros y el elemento director 27 centímetros. El prototipo de antena Yagi-Uda construida se aprecia a continuación (Ver Figura 5)



Figura 5. Prototipo antena Yagi-Uda diseñada.

Fase dos: caracterización y ancho de banda

El balun, fue necesario para su conexión hacia el analizador de espectro y así identificar la frecuencia de la antena resultante, la cual se ubica aproximadamente en 853,2 MHz (Ver Figura 6). Esta antena se utilizará como antena receptora y servirá en las pruebas a diferentes distancias.

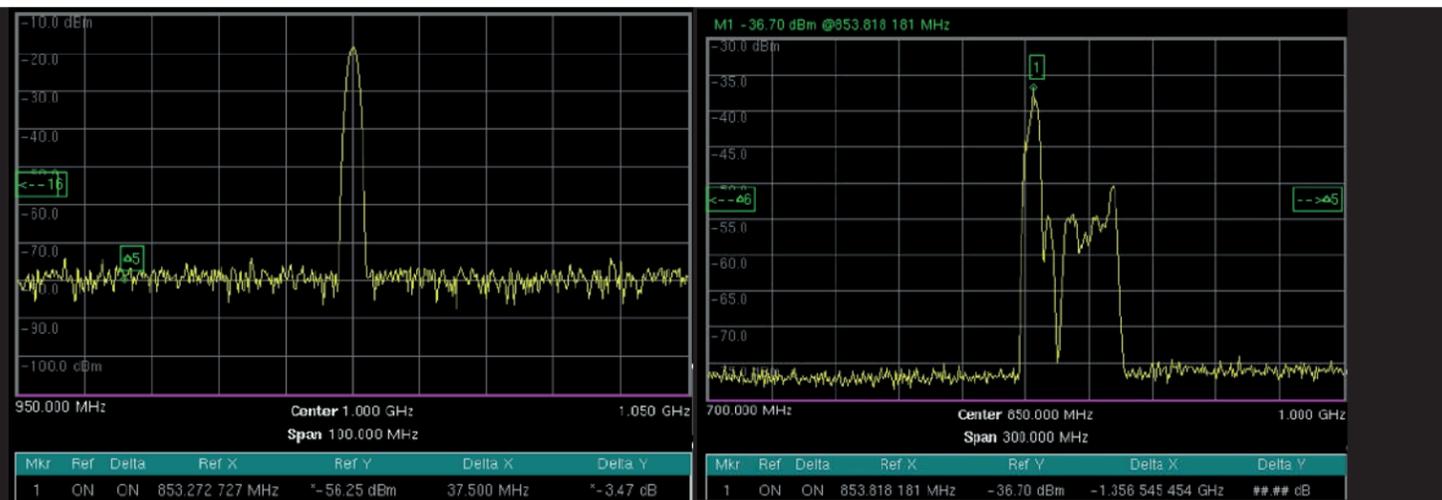


Figura 6. Frecuencia resultante antena de radioafición diseñada.

El spam determinado para las pruebas fue de 100 MHz y se escogieron tres frecuencias de estudio: 950 MHz, 1000MHz y 1050MHz.

La antena de transmisión, conectada al radio transmisor también es de tipo Yagi, de 6 elementos previamente construida (Ver Figura 8).

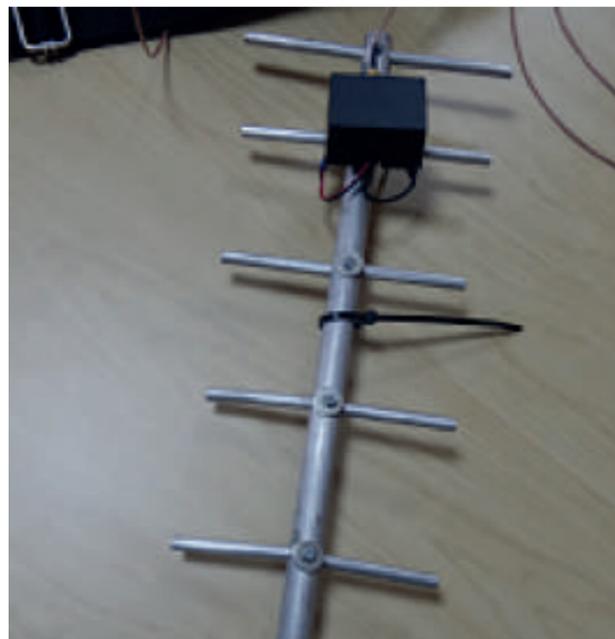


Figura 7. Antena Yagi previamente construida

Al identificar su frecuencia central, se obtuvo un resultado de 853,8MHz (Ver Figura 8), similar a la frecuencia de la antena de radio afición diseñada como objeto de este estudio.

Figura 8. Frecuencia antena Yagi previamente construida

Fase tres: adecuación, pruebas y análisis espectral

Dicha fase contempló las distancias seleccionadas para las pruebas de transmisión/recepción. Estas fueron desde 1 metro hasta 8 metros, con intervalos de 1 metro, con potencias de transmisión de: 10, 5, 0, -5, -10, -15, -20, -25, -30, -35, -40, -45 y -50 dBm; pero para el análisis de resultados se establecieron: 10, -5, -20, -35 y -50 dBm. Es decir, cinco potencias diferentes con intervalos de 15 dBm.

Para realizar la transmisión se situaron las antenas a una altura de 40 centímetros con respecto al suelo, obteniendo resultados óptimos en la recepción y visualización de datos mediante el analizador de espectro.

Para cada una de las distancias se desarrollaron pruebas con diferentes potencias de transmisión a la frecuencia de 950 MHz, 1000 MHz y 1050 MHz.

En efecto, este procedimiento se efectuó aumentando la distancia de a metro, hasta llegar a los 8 metros de distancia, obteniendo 13 (trece) potencias de transmisión por cada una de las 3 (tres) frecuencias centrales, por las 8 (ocho) distancias, para un total de 312 datos obtenidos. Sin embargo, sólo 120 fueron objeto de estudio para los resultados, debido a las 5 potencias de transmisión escogidas.

Resultados

Luego de tabular los datos obtenidos se realizaron las gráficas correspondientes a cada frecuencia (950 MHz, 1000 MHz y 1050 MHz) por cada una de las 8 distancias para las potencias de transmisión: 10dBm, -5dBm, -20 dBm, -35 dBm y -50 dBm.

Cálculos para pérdidas

Para realizar estos cálculos de pérdidas de transmisión / recepción de una manera más detallada, fue necesario tener en cuenta que la medida se tomó desde la salida del transmisor, adicional la captura de datos se realizó entre los extremos, tomando como referencia 1 metro (valor mayor de potencia) y 8 metros de distancia (valor menor de potencia).

Por lo anterior, la fórmula (1) permitió calcular las pérdidas en cada punto.

$$Pérdidas \text{ en dB en cada punto} = dBm_{(in)} + dBm_{(out)} \quad (1)$$

Siendo:

$$dBm_{(in)} = \text{Potencia del transmisor y}$$

$$dBm_{(out)} = \text{Potencia del receptor medida en cada punto}$$

Luego de calcular en cada punto el valor de pérdidas en dB, fue necesario convertir el valor a Watts, para lo cual:

$$P(W) = 10^{dB/10} \quad (2)$$

Posteriormente, se calculó la diferencia entre los puntos de 1 metro y de 8 metros:

$$Pérdida \text{ total } (W) = P(W_{(1 \text{ metro})}) - P(W_{(8 \text{ metros})}) \quad (3)$$

Al obtener este resultado, se realizó la conversión de Watts a dB para conocer las pérdidas.

$$P(dB) = 10 \log(W) \quad (4)$$

Por último, se convirtió a dBm para obtener las pérdidas totales del sistema, mediante las siguientes fórmulas:

$$P(dBm) = P(W)/_{1mW} \quad (5)$$

Prueba 1: Potencia de transmisión 10 dBm

Cuando se ajusta el radio transmisor a una potencia de 10dBm, realmente se está transmitiendo a 10mW, el comportamiento de la Figura 11. Entonces se observa que, para las tres frecuencias utilizadas, al aumentar la distancia la potencia disminuye, se tiene un valor más elevado en potencia recibida en dBm para la frecuencia de 1 GHz o 1000 MHz en la distancia mínima de 1 metro y máxima de 8 metros frente a las otras frecuencias; pero es la frecuencia que presenta más pérdidas en Watts.

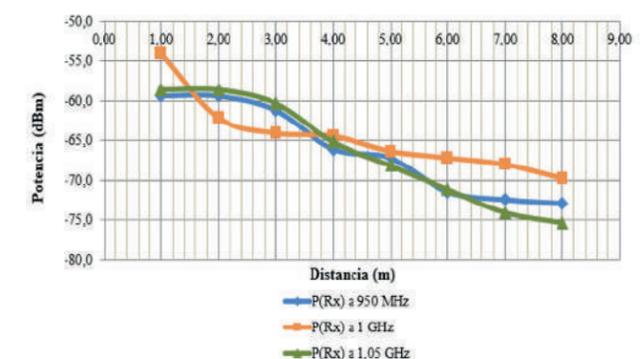


Figura 9. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = 10dBm

Los cálculos descritos anteriormente, fueron realizados para las tres frecuencias, tal y como se aprecia en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de pérdida con P(TX) = 10dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-59,42	-72,89	1,09E-05	-49,62	-19,62
1000	-54,02	-69,80	3,86E-05	-44,14	-14,14
1050	-58,63	-75,30	1,34E-05	-48,72	-18,72

Al analizar la Tabla 1, se evidenció que para una transmisión de 10mW ó 10dBm, la pérdida en las tres frecuencias fue mínima (en el orden de los mW o μW), siendo cercanas entre 1 y 4 μW y en dBm desde -14 hasta casi -20 dBm.

Prueba 2: Potencia de transmisión -5 dBm

Para una potencia de transmisión de -5dBm, (equivalente a 0,316mW), el comportamiento de la Figura 10 evidenció qué para las tres frecuencias utilizadas, al aumentar la distancia el valor de potencia va decayendo. Nuevamente se tiene un valor más elevado en potencia recibida para la frecuencia de 1 GHz o 1000 MHz en la distancia mínima de 1 metro y máxima de 8 metros, pero de nuevo es la frecuencia que tiene mayor valor de pérdidas durante la distancia total.

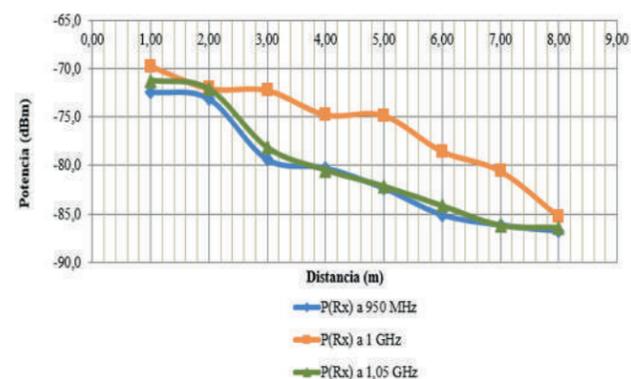


Figura 10. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -5dBm

Luego de analizar la Tabla 2, se obtuvo como resultado que, para una transmisión de 0,316mW ó -5dBm, la pérdida en las tres frecuencias va a ser aún más mínima comparada con la primera prueba (en el orden de los nW), siendo cercanas entre 17 y 32 nW y en dBm desde -44 hasta casi -48 dBm.

Tabla 2. Análisis de pérdidas con P(TX) = -5dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-72,44	-86,82	1,74E-08	-77,60	-47,60
1000	-69,72	-85,24	3,28E-08	-74,84	-44,84
1050	-71,23	-86,42	2,31E-08	-76,36	-46,36

Prueba 3: Potencia de transmisión -20 dBm

Al ajustar el radio transmisor a -20dBm, (realmente 10µW), la Figura 11 registró un comportamiento similar al de -5dBm.

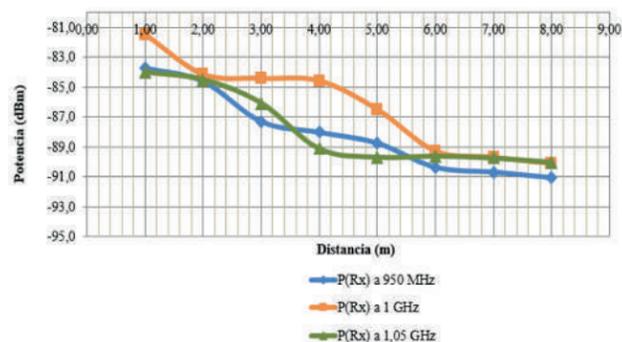


Figura 11. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -20dBm

En el caso de la Tabla 3, se tiene como resultado que, para una transmisión de 10µW ó -20dBm, las pérdidas en las tres frecuencias van a ser aún más mínimas comparada con la primera y segunda prueba (en pico Watts o pW), obteniendo pérdidas totales entre casi 30pW hasta 61,2pW y en dBm entre -72,1 hasta -75,2 dBm.

Tabla 3. Análisis de pérdidas con P(TX) = 20 dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-83,72	-91,04	3,46E-11	-104,61	-74,61
1000	-81,49	-90,11	6,12E-11	-102,13	-72,13
1050	-84,02	-90,01	2,97E-11	-105,28	-75,28

Prueba 4: Potencia de transmisión -35 dBm

En -35dBm, (equivalente a 316nW), la Figura 12 se presenta la composición o distribución de potencia recibida durante los 8 metros en las tres frecuencias, y nuevamente al aumentar la distancia el valor de potencia disminuye.

Los valores de potencia recibidos más altos se tienen en 1 metro para 950MHz y en 8 metros para 1050 MHz, pero las pérdidas totales más elevadas se presentan en 950MHz.

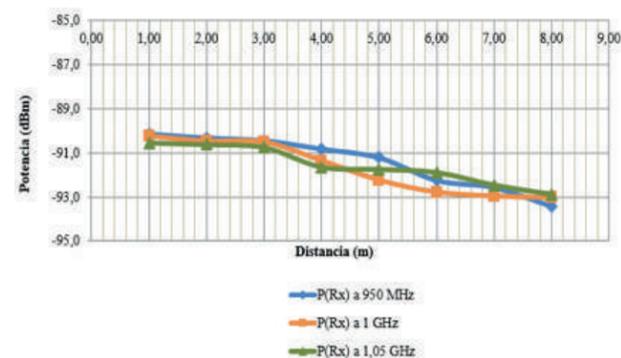


Figura 12. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -35dBm
Para este estudio, en la Tabla 4 se demostró que para una transmisión de 316nW ó -35dBm, las pérdidas en las tres frecuencias van a decaer aún más a comparación de los tres estudios anteriores (muy mínimas cerca al orden de los fW), obteniendo pérdidas totales entre 0,117pW hasta 0,163pW y en dBm entre -97,8 hasta 99,3 dBm.

Tabla 4. Análisis de pérdidas con P(TX) = -35dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-90,13	-93,41	1,63E-13	-127,89	-97,89
1000	-90,25	-93,02	1,41E-13	-128,51	-98,51
1050	-90,54	-92,89	1,17E-13	-129,33	-99,33

Prueba 5: Potencia de transmisión -50 dBm

Por último, al ajustar el radio transmisor a -50dBm (equivalente a 10nW), en la Figura 13 se muestra que, en la frecuencia de 1050 MHz, los valores de potencia en dBm recibidos fueron los más altos en el punto de inicio y fin, aunque fue la frecuencia que tuvo menos pérdidas en Watts, contrario al caso de 1000 MHz que obtuvo las pérdidas más altas.

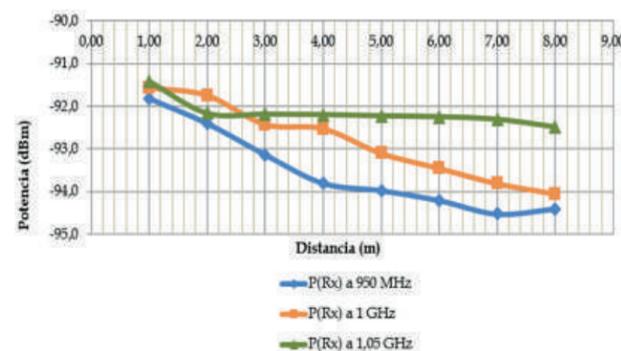


Figura 13. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -50dBm

La Tabla 5 muestra los resultados del último estudio, y para una transmisión final de 10nW ó -50dBm, las pérdidas en las tres frecuencias decrecieron aún más frente a los estudios anteriores (en orden de los fW), con resultados entre los 1,5 fW hasta los 3fWy en dBm entre los -115,1 hasta los -118.

Tabla 5. Análisis de pérdidas con P(TX) = -50dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-91,82	-94,4	2,95E-15	-145,31	-115,31
1000	-91,56	-94,05	3,05E-15	-145,16	-115,16
1050	-91,41	-92,48	1,58E-15	-148,02	-118,02

Conclusiones

Por un lado, bajo el estudio de transmisión / recepción mediante el uso de antenas de radio afición se comprueba que, a mayor distancia, la curva de potencia recibida decrece. Esto se cumple para los 5 valores de potencia transmitida y bajo las 3 frecuencias de uso objeto de este trabajo.

Por otro, se evidencia también que, al ir disminuyendo el valor de potencia de transmisión, a su vez el valor total de pérdidas disminuye desde el orden de µW hasta los fW.

Adicional, se comprobó que la antena de mano Yagi-Uda diseñada tenía una frecuencia específica de 853MHz y que funcionó correctamente durante las pruebas, permitiendo obtener diferentes valores o datos en el transcurso del análisis espectral durante los 8 puntos de medida.

Así mismo, la aplicación de las conversiones logarítmicas de potencia fue de gran utilidad, permitiendo usar unidades en decibelios, dB, o Watts de potencia.

Por último, se concluye que la construcción de antenas de Radio afición es de gran utilidad para la transmisión de datos locales; sin embargo, su impacto puede trascender no solo en el campo académico sino también se podrían propiciar espacios de ciencia, tecnología e innovación en la comunidad, a través del conocimiento y elaboración de dispositivos y antenas de radiocomunicaciones improvisadas; entre otros. De esta manera se dan avances que contribuirían como medio (más no como fin) en la implementación de las estaciones y nodos en emergencias y desastres.

También es importante concientizar a la comunidad no sólo en el hecho de la elaboración de la antena casera, sino en su uso y la mediación de las TIC para comprender términos como la propagación de señales, uso de frecuencias, manipulación de equipos y las pérdidas que se pueden tener por espacio libre, distancia y obstáculos en el recorrido.

Recomendaciones

A corto plazo se considera continuar trabajando en otros modelos de antenas de radioafición. Recientemente se construyó de forma manual una antena tipo EH de 20 metros de alcance, con una frecuencia de 15 MHz (Ver Figura 14). Con ello se espera construir una segunda antena de este tipo para realizar la transmisión y recepción de portadora y luego posterior análisis espectral bajo las mismas potencias y distancias empleadas en este objeto de estudio.



A su vez, se puede considerar incluir estudios de patrón de radiación de estas antenas para conocer su comportamiento en radiación en planos de campo eléctrico y magnético, su diagrama polar y cartesiano y, de este modo, conocer específicamente en el espacio la directividad y ganancia de cada antena.

Para estudios a mediano plazo se pretende realizar pruebas en campo abierto, con mayores distancias de transmisión y antenas más grandes como por ejemplo son: Onmidireccional para VHF, Quad.Cúbica, Tela de Araña, Panal de Abeja, Slim Jim, Loop, Band Hooper; entre otras. De hecho, se podría incluir no solo la transmisión del dato de la portadora sino también, señales digitales electrofisiológicas como por ejemplo las ya acondicionadas bajo proyectos previos como: Electrocardiográfica, Pletismográfica y Oximetría de Pulso.

Agradecimientos

A la Universidad Militar Nueva Granada y Vicerrectoría de Investigaciones por financiar el Proyecto de Iniciación Científica PIC - ING - 2261. También, al programa de la Tecnología en Electrónica y Comunicaciones y su Grupo de Investigación e innovación Tecnológica en Electrónica y Comunicaciones (GI-iTEC), junto al semillero Faraday.

Referencias

- [1] O. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, "Socialización Del Decreto Del Sistema Nacional De Telecomunicaciones En Emergencias", *Repositorio.gestiondelriesgo.gov.co*, 2015. [Online]. Available: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/11466>. [Accessed: 17- Aug- 2019].
- [2] H. Touré, "El esfuerzo de la UIT para responder a las emergencias mundiales", *ITU.int*, 2011. [Online]. Available: http://www.itu.int/net/itu/news/issues/2011/02/pdf/201102_01-es.pdf. [Accessed: 02- Sep- 2019].
- [3] H. Folts, "Standards initiatives for Emergency Telecommunications Service (ETS) - IEEE Journals & Magazine". 40(7), 102-107., *ieeexplore.ieee.org*, 2002. [Online]. Available:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1018014>. [Accessed: 03- Mar- 2019].

- [4] T. Henderson, K. Roberto and Y. Kamo, "Older Adults' Responses to Hurricane Katrina: Daily Hassles and Coping Strategies - Tammy L. Henderson, Karen A. Roberto, Yoshinori Kamo, 2010", *SAGE Journals*, 2009. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0733464809334287>. [Accessed: 06- Aug- 2019].
- [5] O. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, "Por primera vez, Colombia tendrá un Sistema Nacional de Telecomunicaciones en Emergencias", *Repositorio.gestiondelriesgo.gov.co*, 2015. [Online]. Available: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/11216>. [Accessed: 11- Mar- 2019].
- [6] A. Garijo Sánchez, "Análisis de capacidades nacionales en preparación a emergencias en UNICEF para la región de Latinoamérica y Caribe", *Riunet.upv.es*, 2014. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/43775>. [Accessed: 29- Apr- 2019].
- [7] D. Sierra and Z. Ramos, "Estado del arte de los Servicios de Telecomunicaciones de Emergencia (ETS) en el Colombia", *Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Ingeniería en Telecomunicaciones*, Bogotá, pp. 1-6, 2009.
- [8] A. Erazo Coronado and J. Arroyave Cabrera, "Comunicación de riesgo y de crisis en desastres de origen natural en Colombia", *Congreso.pucp.edu.pe*, 2014. [Online]. Available: <http://congreso.pucp.edu.pe/alaic2014/wp-content/uploads/2013/09/Ana-Mar%C3%ADa-Erazo-y-Jes%C3%BAAs-Arroyave.pdf>. [Accessed: 12- May- 2019].
- [9] D. López Miguel, "Recursos sobre emergencias y ayuda humanitaria en Internet", *Core.ac.uk*, 2007. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/41783050.pdf>. [Accessed: 06- Oct- 2019].
- [10] V. Pinilla Morán, R. Gress Gómez, J. Razo Pérez and G. Colloli Hernández, "Conceptos bá-

sicos de la radioafición", *Areunam.unam.mx*, 2011. [Online]. Available: <http://www.areunam.unam.mx/papime/practica01.pdf>. [Accessed: 22- Mar- 2019].

- [11] Gómez, L. Barrero Páez and R. Celeita, "Diseño de antenas Yagi Uda usando algoritmos genéticos", *Revistas.udistrital.edu.co*, 2003. [Online]. Available: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/download/2687/3867?inline=1>. [Accessed: 12- Jul- 2019].
- [12] G. Trujillo Rojas, A. Ortiz Ávila and N. Vásquez Díaz, "Diseño y construcción de un prototipo para un sistema de control remoto de antena de microondas", *45.5.172.45*, 2019. [Online]. Available: <http://45.5.172.45/handle/10819/2970>. [Accessed: 04- Feb- 2019].



Instrucciones para autores

La revista Ciencia y Poder Aéreo, considera artículos de investigación e innovación. Dentro de los cuales se encuentran: artículo científico original, artículo de revisión, artículo de reflexión, en idioma español, inglés o portugués. Acorde con la clasificación hecha por Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación) se definen así:

Artículo científico original

Documento completo que presenta de manera detallada los resultados originales derivados de proyectos de investigación y/o desarrollo tecnológico finalizados.

Artículos de reflexión derivado de investigación

Documento original que presenta resultados de investigación, desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre una temática específica, recurriendo a fuentes originales.

Artículos 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.

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.

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. Si 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, MLA, IEEE, 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, MLA, IEEE.
- **Las notas al pie de página** se utilizarán sólo para aportes sustantivos al texto.

Estructura para los tipos de artículos literal a. b. c.

Título: en español, inglés y portugués. 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, inglés y portugués, 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, Key Words y Palavras-chave: de 3 a 6 en orden alfabético (tener en cuenta las palabras temáticas que proporcionan los tesauros), separadas por punto y coma (;). Intro-

ducción (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, MLA, IEEE.

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, MLA, IEEE.
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, 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 ge-

nerales 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:

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 com-

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.

promete 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/o 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 traductor, diseñador / diagramador, corrector de sintaxis, 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.

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, em Espanhol, Inglês ou Português. De acordo com a classificação feita por Colciencias (Departamento Administrativo de Ciência, Tecnologia e Inovação) definida como segue:

Artigo científico original

Documento completo que apresenta detalhadamente os resultados originais derivados de projetos de pesquisa e / ou desenvolvimento tecnológico concluídos.

Artigos de reflexão derivado do projeto de pesquisa

Documento original que apresenta resultados de investigação desde uma perspectiva analítica, interpretativa ou crítica do autor, sobre uma temática específica, recorrendo a fontes originais.

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.

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.

Procura que os temas referidos, quanto possível estejam relacionados com o campo aeroespacial e afins.

Normas gerais

- 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 incluindo 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 APA 6ª edição, MLA, IEEE regras, 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, MLA, IEEE regras.
- **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, Inglês e Português. 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, Inglês e Português, 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, Key Words y Palabras-chave: 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 APA 6ª edição das, MLA, IEEE regras.

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 APA, MLA, IEEE regras.
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).

- 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 caducará, 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 a segurança operacional, a logística aeronáutica, a tecnologia e inovação, a gestão e estratégia, 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

- 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).

- 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.

- Cada avaliador emite uma avaliação e conceito:

O Par Acadêmico emite o conceito, desenvolvendo a avaliação relacionada de acordo com os parâmetros enviados pelo Editor.

- 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.

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

- 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.
- As versões finais são recebidas fazendo uma nova revisão.
- Se faz revisão do estilo e forma. Em seguida vai para o desenhador / diagramador, para finalmente obter a publicação da revista.
- Cada autor tem o direito de receber uma comunicação electrónica (versão em linha) sobre a publicação, dado o sua participação na edição.

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, in Spanish, English or Portuguese. According to classification made by Colciencias (Administrative Department of Science, Technology and Innovation) they are defined as follows:

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

Reflection article from research projects

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.

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.

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.

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 and review article.
- 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.

Structure for articles types a, b, c.

Title: in Spanish, English and Portuguese. 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, English and Portuguese, 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. 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, MLA, IEEE 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.

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 6th edition, MLA, IEEE rules.
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, 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

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.

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:

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 Auth ors. 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 translator, designer, syntax -corrector, 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.

Ciencia y Poder Aéreo

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

TC. Wilson Augusto Jaramillo García, Director

Erika Juliana Estrada Villa, Editora

Teléfonos: (057- 1)6378927 / 6206518 Ext. 1719 - 1722

Correos electrónicos: cienciaypoderaereo1@gmail.com y cienciaypoderaereo@epfac.edu.co

Doi: <https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/index>

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



The logo features the number '100' in a stylized, golden font. The first zero is a solid shape, while the second zero is a circular emblem containing a propeller and a gear. A golden pencil is positioned diagonally across the '1' and the first zero. To the right of the '100' is the text 'AÑOS' in a smaller font, and below it, 'PROTEGIENDO LA NACIÓN' in a larger, bold font.

100 AÑOS
PROTEGIENDO LA NACIÓN



**Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
Institución Universitaria**

RESOLUCIÓN 1906 MEN, AGOSTO DE 2002



Escaneeé este código y continúe descubriendo el mejor contenido científico, los resultados de investigación y demás producción intelectual de la revista científica Ciencia y Poder Aéreo