

TECNO ESUFA

REVISTA DE TECNOLOGÍA AERONÁUTICA

ISSN 1900 – 4303 VOLUMEN 33 / DICIEMBRE 2023



TECNO ESUFA

REVISTA DE TECNOLOGÍA AERONÁUTICA

ISSN 1900 – 4303 VOLUMEN 33 / DICIEMBRE 2023



**TECNOESUFA
REVISTA DE TECNOLOGÍA AERONÁUTICA
ESCUELA DE SUBOFICIALES
CT. ANDRÉS M. DÍAZ
FUERZA AEROSPACIAL COLOMBIANA
VOL. 33**

La revista TECNOESUFA es la publicación de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Tiene carácter científico y académico y sirve a la comunidad nacional e internacional en los campos de la ciencia, tecnología del aeronáutico, la educación y la cultura. Los resultados de investigación para publicación en artículos, siendo abierta a especialistas de todo el mundo en calidad de autores y/o lectores, son arbitrados mediante un proceso de evaluación de pares externos.

Periodicidad

La revista TECNOESUFA se publica periódicamente cada año. El primer volumen de la revista se publicó en el primer semestre de 2004 y mantiene su periodicidad hasta el día de hoy.

Misión

La Revista TECNOESUFA tiene como misión, difundir los resultados de investigación e innovación en los campos de la tecnología aeronáutica y las ciencias básicas a través de la publicación de artículos originales e inéditos de investigadores, académicos, expertos en tecnología aeronáutica y aeroespacial.

Público Objetivo

Esta revista está dirigida a docentes, investigadores, estudiantes y profesionales interesados en actualizar constantemente sus conocimientos y acompañar el proceso de investigación científica en los campos de la tecnología aeronáutica y las ciencias básicas.

Dirección Postal

CT. Leonardo Augusto Mora Salazar
Sección Investigación
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz
Fuerza Aeroespacial Colombiana
Carrera 5-2-92 sur
CEL: 601 – 8209080 Ext 69226
www.esufa.edu.co
revistatecnoesufa@esufa.edu.co
Madrid, Cundinamarca

Comité Directivo

CR. Francisco Antonio Monsalve Isaziga
Director Revista TECNOESUFA
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz
Fuerza Aeroespacial Colombiana

CR. Pedro Ricardo Camargo Mantilla
Director Suplente Revista TECNOESUFA
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz
Fuerza Aeroespacial Colombiana

MY. Diana Faydeth Gil Rubio
Editor y Gestor Revista TECNOESUFA
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz
Fuerza Aeroespacial Colombiana

CT. Leonardo Augusto Mora Salazar
Jefe Sección Investigación
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz
Fuerza Aeroespacial Colombiana

TJC. Raúl Ernesto Muriel Arguello
Asesor director Revista TECNOESUFA
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz
Fuerza Aeroespacial Colombiana

Comité Editorial

MY. Diana Faydeth Gil Rubio
CT. Leonardo Augusto Mora Salazar
ST. Juan Pablo Contreras Sabogal
ST. Jessica Alexandra Santanilla García
Oro de Ofir García González

Coordinadores Editorial

ST. Juan Pablo Contreras Sabogal
ST. Jessica Alexandra Santanilla García

Comité Científico

MY. Mauricio López Gómez
ST. Sara Gabriela Medaglia López
Laura Patricia Plata Lozada
Juan David Cuevas Carrero
Juan David Pava

Comité Evaluador

Fernando Cortes Díaz
Renso Mardu Molano Pulido
Daniel Alberto Arteaga Puentes
Gloria María Carrillo Lozano

Corrección de estilo

Impresión Casa Editorial FUSUNGA

Diciembre 2023
ISSN 1900 -4303





EDITORIAL



Estimados lectores de TECNOESUFA,

Es un honor y un privilegio dirigirme a ustedes en la edición número 33 de nuestra revista. En un mundo en constante evolución, la Fuerza Aeroespacial Colombiana ha mantenido su firme compromiso de adaptarse a las circunstancias cambiantes y a los desarrollos tecnológicos que moldean el panorama global, por lo tanto, nuestra institución ha trazado un camino de evolución, siempre enfocado en cumplir nuestra misión de ejercer el dominio del aire, el espacio y el ciberespacio, y en convertirnos en referentes tanto a nivel nacional como internacional en el ámbito de la aviación. En esta travesía, TECNOESUFA ha sido un aliado fundamental,

dejando una huella significativa en cada uno de nuestros lectores.

Siguiendo con nuestras ediciones anteriores, hemos reunido una colección de artículos, resultado de las investigaciones de los alumnos de la Escuela de Suboficiales FAC "CT. Andrés M. Díaz", institución acreditada en alta calidad en cada uno de sus programas tecnológicos, que develará el fascinante mundo de la tecnología aeronáutica en sus distintas áreas del conocimiento. Todo esto ha sido posible gracias al incansable esfuerzo y dedicación del personal de la ESUFA. Esta institución es un pilar fundamental en la formación integral de los futuros Suboficiales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, preparándolos en aspectos militares, profesionales y personales.

En la portada, se muestra el astronauta representa el compromiso que tenemos en el ámbito aeroespacial y su visor refleja la superficie lunar engalanada con el tricolor nacional manifestando ruta a seguir para conquistar el Espacio. En la paginación interna se observan las fotografías de las distintas tecnologías en su quehacer diario, donde se muestran las capacidades adquiridas por los futuros suboficiales de nuestra fuerza.

Como director de esta prestigiosa escuela, es un motivo de orgullo presentarles esta edición. Quiero expresar mi agradecimiento de manera especial a todos aquellos que hicieron posible la consolidación de los diversos artículos aquí publicados. También deseo recordar las sabias palabras de Edward Benjamin Britten, quien dijo que "Aprender es como remar contra corriente: en cuanto se deja, se retrocede", y desde ESUFA, estamos comprometidos en no dejar de aprender.

En nombre de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, reafirmamos nuestro compromiso de ser generadores de investigación, innovación y desarrollo de productos tecnológicos aplicables siempre en beneficio del pueblo colombiano y de nuestra amada institución.

Agradezco sinceramente a cada uno de ustedes por su apoyo continuo a TECNOESUFA y por ser parte de este viaje de conocimiento y descubrimiento. Espero que disfruten de esta edición tanto como nosotros disfrutamos al crearla.

Atentamente,

Francisco Antonio Monsalve Isaziga

Director de la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana





INDICE

	PÁGINA
INSTITUCIONALES	5
 Factores asociados al síndrome de burnout en personal militar y civil del Grupo de seguridad y Defensa de Bases (GRUSE-66).	6
 Elaboración Guía de experimentación simulada del curso de control recurrente del aeródromo de Bogotá para el simulador virtual de tránsito aéreo de la ESUFA.	17
CIENCIA Y TECNOLOGÍA AERONÁUTICA	25
 Diseño y fabricación de un vehículo aéreo no tripulado autónomo tipo ala fija FAC.	26
 Sistema de control para cohetes	35
 Implementación y Digitalización Banco de Instrumentos Aeronáuticos	43
 Modelo aéreo de reconocimiento tipo ALA ZAGI con adquisición de imágenes para análisis	54
EDUCACIÓN AERONÁUTICA Y CULTURA	63
 Recopilación y actualización digital del repertorio musical de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA.	64





TECNO
ESUFA



INSTITUCIONALES

- ✓ · Factores asociados al síndrome de burnout en personal militar y civil del Grupo de seguridad y Defensa de Bases (GRUSE-66).
- ✓ · Elaboración Guía de experimentación simulada del curso de control recurrente del aeródromo de Bogotá para el simulador virtual de tránsito aéreo de la ESUFA.



Factores asociados al Síndrome de Burnout en personal militar y civil del Grupo de Seguridad y Defensa de Bases (GRUSE) del Comando Aéreo de Combate No. 6 (CACOM6)

Factors Associated with Burnout Syndrome in Military and Civil Personnel of the Base Security and Defense Group (GRUSE) of Combat Air Command No. 6 (CACOM6)

Merchán Reyes María Alejandra

María.merchan@fac.mil.co

Juan Carlos Aristizabal Murillo

juana@esufa.edu.co

Tutor Metodológico

Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz

RESUMEN

El personal militar suele realizar operaciones cognitivas complejas en condiciones únicas de estrés intenso. Siendo el Síndrome de Burnout una condición persistente que resulta de la exposición crónica al estrés laboral, se llevó a cabo el presente trabajo con el fin de identificar los factores asociados al Síndrome en el personal militar y civil del Comando Aéreo de Combate No. 6 (CACOM6) y su Grupo de Seguridad y Defensa de Bases (GRUSE). Los resultados obtenidos dan cuenta de un 60% de indicios del Síndrome de Burnout en el componente de cansancio emocional, un 82% de persistencia en el componente de despersonalización y un 47% en la realización personal.

Palabras clave: Agotamiento profesional, Síndrome de Burnout, estrés de rol, variables sociodemográficas.

SUMMARY

Military personnel often engage in complex cognitive operations under unique conditions of intense stress. Given that Burnout Syndrome is a persistent condition resulting from chronic exposure to work-related stress, this study was carried out to identify the factors associated with the syndrome among military and civilian personnel of Combat Air Command No. 6 (CACOM6) and its Base Security and Defense Group (GRUSE). The results obtained indicate a 60%

indication of Burnout Syndrome in the emotional exhaustion component, 82% persistence in the depersonalization component, and 47% in personal accomplishment.

keywords: Professional burnout, Burnout Syndrome, role stress, sociodemographic variables.

I. INTRODUCCIÓN

El Síndrome de Burnout es un fenómeno ampliamente estudiado en el ámbito laboral que afecta negativamente la salud y el bienestar de los trabajadores siendo su rasgo principal el agotamiento emocional, la despersonalización y la disminución del desempeño personal. Este tipo de manifestaciones ha aumentado en los miembros de la Fuerza Aeroespacial, En el contexto se ha desarrollado nuestra investigación en un grupo piloto del Grupo de Seguridad y Defensa de Bases GRUSE del Comando Aéreo de Combate No. 6, con el fin de identificar los factores y síntomas asociados que proporcionaran la información para comprender y prevenir este padecimiento.

Este es un tema de investigación relevante en la comunidad científica. La investigación de Rojas, Maggia y Loayza [1] se enfoca en la prevalencia del Síndrome de Burnout en el personal del Instituto Geográfico Nacional del Perú, resaltando la necesidad de abordar este problema en el ámbito militar. García Caccire [2] examina la presencia del Burnout en el personal militar de Locumba, destacando su relevancia en una ubicación específica. Seijas-Solano [3]





investiga los riesgos psicosociales y el estrés laboral en trabajadores universitarios, lo que puede ser aplicable al personal militar. García Caccire y Nakakado Vela [4] estudian el Síndrome de Burnout y la agresividad en militares del distrito de Rímac-Lima, presentando una visión adicional sobre los factores asociados. Finalmente, Murrieta y Pajuelo [5] exploran la relación entre la inteligencia emocional y el Síndrome de Burnout en el servicio militar voluntario de la Fuerza Aérea del Perú, enriqueciendo la comprensión de los aspectos psicológicos involucrados en este contexto militar específico. Estas antecedentes de investigación dan cuenta de que el Síndrome de Burnout ha sido ampliamente estudiado en diferentes contextos laborales, incluyendo el sector militar y civil.

El estado del arte en relación con el Síndrome de Burnout en personal militar presenta varias investigaciones relevantes que contribuyen a la comprensión de este fenómeno, entre las que se encuentra el estudio de Rojas et al (2022), quienes investigaron la prevalencia del Síndrome en el personal militar del Instituto Geográfico Nacional del Perú. Este estudio proporciona una perspectiva local de la problemática ofreciendo datos respecto a la incidencia y su impacto en el contexto específico.

Otra investigación importante es el trabajo de García Caccire (2021), que abordó el Síndrome de Burnout en el personal militar de Locumba, provincia de Jorge Basadre, Tacna. Este estudio también aborda el tema en el contexto militar peruano y brinda información valiosa sobre la presencia y manifestación del Burnout en esa población particular.

Además, Seijas-Solano (2019) investigó los riesgos psicosociales, el estrés laboral y el Síndrome de Burnout en trabajadores universitarios, proporcionando una perspectiva más amplia sobre los factores asociados al Burnout en el ámbito laboral en general. Esta investigación puede aportar ideas sobre posibles desencadenantes y mecanismos de protección contra el Síndrome en el personal militar.

Asimismo, el trabajo de García Caccire y Nakakado Vela (2021) examina el Síndrome de Burnout y la agresividad en militares del distrito de Rímac-Lima. Este estudio ofrece información relevante sobre la relación entre el Burnout y la agresividad, lo cual permite comprender mejor los efectos del Burnout en el comportamiento y la dinámica interpersonal de los militares.

Finalmente, la investigación de Murrieta y Pajuelo (2022) se enfoca en la inteligencia emocional y su relación con el Síndrome de Burnout en el servicio militar voluntario de la Fuerza Aérea del Perú. Este estudio aporta una perspectiva interesante al explorar cómo los aspectos emocionales y la capacidad de manejo emocional pueden influir en la manifestación del Burnout en el ámbito militar.

Así pues, resulta evidente que el personal militar y civil de las instituciones militares se enfrenta a desafíos y demandas específicas en su trabajo, haciéndolos susceptibles a experimentar niveles elevados de estrés y agotamiento emocional. Sin embargo, existe una brecha en el conocimiento sobre los factores asociados al Síndrome de Burnout de manera puntual en el GRUSE, lo que justifica la realización del presente estudio.

Esta investigación es de gran importancia para promover el bienestar y la salud mental del personal militar y civil del GRUSE. Los resultados obtenidos brindan oportunidades para implementar medidas preventivas e intervenciones que aborden de manera efectiva el tema, mejorando la calidad de vida laboral de esta población.

El diseño de la investigación se enmarcó en una metodología descriptiva que busca establecer la incidencia del Síndrome de Burnout y sus factores asociados en el personal militar y civil. Se utilizó el cuestionario de Maslach Burnout Inventory (MBI) (Maslach, 1996), ampliamente validado y utilizado en investigaciones sobre Burnout.

Además, se aplicó un instrumento para recopilar información sociodemográfica diseñada por Lancheros validada para población militar (Maslach, 1996). La combinación de estos métodos permitió obtener una visión completa de





los factores asociados al Síndrome de Burnout en esta población.

En cuanto a las limitaciones del estudio, se reconoce que la muestra (calculada estadísticamente en 95% de confianza y 5% de margen de error) estuvo conformada únicamente por personal militar y civil del GRUSE, lo que podría limitar la generalización de los resultados a otras poblaciones o contextos. Asimismo, pueden existir posibles sesgos inherentes a los cuestionarios de auto reporte y a la disponibilidad y sinceridad de los participantes al responder las preguntas.

Por último, el alcance de este estudio centró su interés en el personal militar y civil del GRUSE, y su objetivo fue proporcionar una comprensión detallada de los factores asociados al Síndrome de Burnout en esta población específica.

II. METODOLOGÍA

A. Método

Se optó por una metodología descriptiva, buscando establecer la incidencia del Síndrome de Burnout y sus factores asociados en el personal militar y civil del GRUSE. Este método implica la recolección de datos de una población específica y su posterior análisis y descripción en términos estadísticos y cualitativos. La metodología descriptiva es útil para identificar patrones y tendencias en los datos, lo que puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones.

Para este estudio se emplearon dos instrumentos de medición. En primer lugar, se aplicó el instrumento para obtener datos sociodemográficos del personal militar y civil del GRUSE diseñado por Lancheros (2021). Este cuestionario abarcó aspectos como edad, género, nivel educativo, estado civil y tiempo de servicio, entre otras preguntas relevantes para caracterizar la muestra.

En segundo lugar, se utilizó la Escala de Maslach Burnout Inventory (MBI) como herramienta principal para evaluar el Síndrome de Burnout en el personal estudiado. El MBI consta de 22 ítems que exploran el agotamiento emocional, la

despersonalización y la realización personal (Maslach, 1996). Los participantes indicaron su grado de acuerdo o frecuencia en relación con cada afirmación, reflejando sus experiencias laborales de acuerdo con la siguiente escala:

Aspecto evaluado	Preguntas a evaluar	Indicios de Burnout
Cansancio emocional	1-2-3-6-8-13-14-16-20	Más de 26
Despersonalización	5-10-11-15-22	Más de 9
Realización personal	4-7-9-12-17-18-19-21	Menos de 34

Posteriormente, los datos recolectados se analizaron utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Para el instrumento sociodemográfico se llevaron a cabo análisis descriptivos, calculando frecuencias y porcentajes para las variables estudiadas. En relación con la Escala de Maslach, se realizaron análisis estadísticos, incluyendo el cálculo de puntajes promedio, desviaciones estándar y análisis de correlación.

El uso de SPSS permitió un análisis exhaustivo de los datos. Se aplicaron pruebas estadísticas pertinentes para examinar las relaciones entre las variables sociodemográficas y los niveles de Burnout en el personal militar y civil del GRUSE. Los resultados obtenidos a través de este análisis fueron fundamentales para abordar la pregunta de investigación y alcanzar los objetivos del estudio. La utilización del software SPSS aseguró la precisión y confiabilidad de los resultados, proporcionando una base sólida para las conclusiones y recomendaciones del estudio.

B. Alcance

El desarrollo de la investigación incluye el levantamiento de información de fuentes primarias y secundarias que permitan establecer los factores asociados al Síndrome de Burnout en personal militar y civil de la población de estudio.

El alcance de este estudio se concentra en el análisis del personal militar y civil del GRUSE del CACOM6 a través de una muestra intencionalmente seleccionada. Por ello, los resultados y conclusiones se aplican exclusivamente a esta población y no pueden generalizarse a otros contextos similares.





La muestra calculada con un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5% fue:

Grado/Rango	Población	Muestra
Oficiales	10	10
Suboficiales	48	36
Soldados	155	99
Civiles	2	2

El objetivo principal de la investigación es identificar y analizar los factores asociados al Síndrome de Burnout en este grupo específico sin considerar otras variables de salud ocupacional. Sin embargo, los hallazgos son de gran relevancia para implementar estrategias preventivas e intervenciones dirigidas al personal militar y civil.

Es importante destacar que este estudio no abarca un análisis exhaustivo de todas las posibles variables relacionadas con el Síndrome de Burnout, sino que se enfoca en el contexto mencionado previamente.

C. Bases teóricas

El Síndrome de Burnout es un trastorno psicológico que afecta a profesionales que trabajan en contextos de alta presión emocional y estrés laboral [6]. El término fue acuñado por primera vez por Herbert Freudenberger en 1974, quien lo definió como un estado de agotamiento emocional, despersonalización y reducción del rendimiento en el trabajo (Lancheros, 2021). Desde entonces, el Síndrome de Burnout ha sido objeto de numerosas investigaciones y estudios que han permitido profundizar en su comprensión y abordaje.

El Burnout ha sido descrito por Maslach y Jackson como un síndrome de agotamiento emocional y cinismo que se da con frecuencia entre individuos que hacen algún tipo de trabajo con personas Seijas-Solano (2019). Maslach y Leiter (1996) señalaron además que los individuos que experimentan altos niveles de agotamiento a menudo se sienten agotados e incapaces de dar más de sí mismos (Lancheros, 2021).

Según manifiesta Ospina Creswell & Plano (2018), el trabajo, aunque es una parte significativa de la vida, también puede ser una

fuente de estrés. De acuerdo con Rojas et al. (2022) el Burnout está causado por problemas con el entorno social en el que trabajan las personas, ya que la estructura y el funcionamiento del lugar de trabajo determinan cómo interactúan las personas entre sí y cómo realizan su trabajo (Denzin, 2017).

Las variables de medición del Síndrome de Burnout están relacionadas con los aspectos emocionales, cognitivos y conductuales que se experimentan en el trabajo (Maslach & Leiter, 2016). Los instrumentos de medición más comúnmente utilizados son la Escala de Maslach, el Cuestionario de Burnout de Copenhague (CBI) y el Inventario de Burnout de Shirom-Melamed (SMBI) (Schaufeli & Taris, 2014). Estos instrumentos miden variables como el cansancio emocional, la despersonalización y la realización personal.

Cada uno de estos componentes se analiza de manera individual para obtener una comprensión más detallada de la presencia de Burnout en el personal evaluado.

El primer componente, el cansancio emocional, se refiere a la sensación de agotamiento emocional y físico que experimenta una persona como resultado de su trabajo (Díaz & Rentería, 2017). Para analizar este componente, se calcula la media de las respuestas a las preguntas específicas relacionadas con el cansancio emocional, Ospina (2016). Una media alta indicaría un mayor nivel de agotamiento emocional en el grupo evaluado.

El segundo componente, la despersonalización, se relaciona con la actitud distante, indiferente o deshumanizada hacia las personas a las que se presta servicio, Hernández-Sampieri et al. (2014). Para analizar este componente, calcula la media de las respuestas a las preguntas específicas relacionadas con la despersonalización (Maslach, 1996). Una media alta indicaría un mayor grado de despersonalización en el grupo evaluado.

El tercer componente, la realización personal, se refiere a la percepción de competencia y logro en el trabajo (Echevarría Yábar, 2019). Para analizar este componente, se calcula la media de





flas respuestas a las preguntas específicas relacionadas con la realización personal (Maslach, 1996). Una media baja indicaría una menor sensación de competencia y logro en el grupo evaluado.

Además, cabe mencionar lo expuesto por López et al. (2020) cuando mencionan que la tensión laboral predispone a la depresión a través del agotamiento, y lo manifestado por Morteza Hosseini (2023) quienes han descubierto que el agotamiento es un antecedente de la depresión.

En la actualidad, se considera que el Síndrome de Burnout es un problema de salud laboral que afecta a trabajadores de diversas áreas y sectores, como la salud, la educación, la administración pública y las fuerzas armadas (Seijas-Solano, 2019). Los estudios han demostrado que la prevalencia del Síndrome de Burnout varía según el tipo de trabajo y las condiciones laborales, pero se estima que afecta entre el 10% y el 30% de los trabajadores en todo el mundo (Rojas et al., 2022).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Síndrome de Burnout es un estrés crónico relacionado con el trabajo que se describe como agotamiento emocional, disminución de la sensación de realización personal y despersonalización, por lo que es considerado un problema importante especialmente entre los trabajadores (Rojas et al., 2022).

Además de evaluar el Burnout, es importante identificar los factores asociados a este. Los estudios de Rojas et al. (2022) y Ospina (2016), han documentado que las diferencias individuales, como la resiliencia disposicional, se asocian con un mayor riesgo de Burnout, al igual que los factores demográficos, como una edad más temprana dan cuenta de grupos de alto riesgo.

Por lo anterior, en la presente sección se realiza el análisis en el cual se cruza la información presentada en el marco teórico con los resultados obtenidos en la investigación.

A. Características sociodemográficas

Al examinar los resultados obtenidos, se

identificaron patrones y tendencias que arrojan luz sobre las características sociodemográficas más comunes en esta población de estudio. En la Figura 1 se presentan resultados de factores asociados con la edad, sexo, estado civil y nivel académico:

Figura 1. Variables sociodemográficas – 1



Fuente: Elaboración propia, 2023

En primer lugar, se observó que la mayoría de los participantes pertenecen al rango de edad de 18 a 25 años (77,1%), lo cual refleja la presencia de una población predominantemente joven dentro del GRUSE.

De otra parte, se evidenció una distribución desigual en cuanto al género, ya que casi la totalidad de los participantes son hombres, representando el 97.9% de la muestra. Esta disparidad de género es consistente con la composición tradicional del ámbito militar, donde los hombres suelen tener una mayor representación (Días & Rentería, 2017).

En relación con el estado civil de los participantes, se encontró que la mayoría son solteros (81.3%), seguidos por aquellos que se encuentran en unión libre (6.9%) y los casados (11.1%). Los datos también revelaron una proporción muy baja de participantes separados (0.7%). Estos hallazgos sugieren que el personal del GRUSE tiende a ser mayoritariamente soltero y en menor medida, en una relación de unión libre o casados.

En cuanto al nivel educativo, se observó que la mayoría de los participantes tienen una formación técnica (55.6%), seguidos por aquellos con educación de bachillerato (39.6%) y una proporción mucho menor con educación profesional (4.9%). Estos resultados indican que el personal del GRUSE cuenta con un nivel

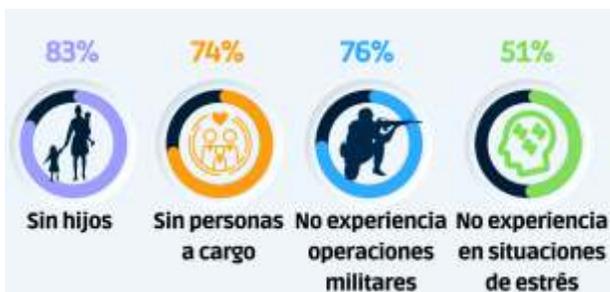




educativo diverso, pero con una representación significativa de formación técnica.

En la Figura 2 se presentan los resultados más relevantes para las variables sociodemográficas asociadas con hijos, personal a cargo, y experiencia en operaciones militares y situaciones de estrés:

Figura 2. Variables sociodemográficas – 2



Fuente: Elaboración propia, 2023

Al analizar las características laborales de los participantes, se encontró que la mayoría de ellos no tienen hijos (82.6%), no tienen personas a cargo (73.6%), no tienen experiencia en operaciones militares (76.4%) y no tienen experiencia en situaciones de alto estrés (50.7%).

En la Figura 3 se presentan los resultados más relevantes para las variables de lesiones laborales, capacitación en riesgos, actividad extralaboral y situación de discapacidad:

Figura 3. Variables sociodemográficas – 3



Fuente: Elaboración propia, 2023

Se evidenció que no han tenido lesiones relacionadas con el trabajo (86.8%), no han recibido capacitación en prevención de riesgo laborales (43.1%), no tienen una actividad extralaboral para desconectar del trabajo (77.8%) y no presentan discapacidad (98.6%).

Estos resultados reflejan un perfil laboral caracterizado por la ausencia de responsabilidades familiares, una baja exposición a situaciones de alto riesgo, un bajo índice de lesiones laborales y una baja prevalencia de discapacidades en el personal del GRUSE.

Prevalencia del Síndrome de Burnout

El análisis de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la Escala de Maslach en el personal militar y civil del GRUSE proporciona una visión profunda sobre la prevalencia del Síndrome de Burnout en esta población.

A través de la evaluación de tres componentes clave: cansancio emocional, despersonalización y realización personal, se busca comprender la manifestación del agotamiento emocional y sus implicaciones en el bienestar de los individuos.

En este contexto, se examina la distribución de los puntajes y la variabilidad de las respuestas en cada componente, lo que permite obtener una visión más completa sobre la presencia del Burnout y sus posibles factores asociados.

En la Figura 4 se presentan los resultados de indicios de Burnout para el componente cansancio emocional:

Figura 4. Componente Cansancio emocional



Fuente: Elaboración propia, 2023

En el componente de cansancio emocional, se ha observado que el 60% de los participantes del estudio presentan indicios de Burnout. Este hallazgo es relevante, ya que indica una prevalencia considerable de cansancio emocional dentro de esta población ((Vojvodic et al., 2019).

El alto porcentaje de participantes que presentan indicios de cansancio emocional puede ser reflejo de condiciones laborales exigentes y





desafiantes a las que están expuestos en su entorno de trabajo, lo resulta congruente con estudios similares como los de García Caccire (2021), Seijas-Solano (2019) y Ospina (2016). La naturaleza de las actividades militares que a menudo implican una carga emocional intensa, puede agotar los recursos emocionales de los individuos y conducir a la aparición del Síndrome de Burnout (Modlin et al., 2020).

En la Figura 5 se presentan los resultados para el componente Despersonalización:

Figura 5. Componente despersonalización



Fuente: Elaboración propia, 2023

En el componente de despersonalización, se destaca un hallazgo significativo: la mayoría de los participantes del estudio, específicamente el 81.9%, muestra indicios de Burnout en este aspecto. Esto implica que experimentan una actitud de distanciamiento, insensibilidad o deshumanización hacia las personas con las que interactúan en el ámbito laboral (Vojvodic et al., 2020).

Estos resultados revelan una alta prevalencia de despersonalización entre el personal del GRUSE, situación que plantea un desafío significativo, ya que la despersonalización puede generar consecuencias negativas tanto para los individuos afectados como para el ambiente laboral en general (Vojvodić et al., 2019).

Es de destacar que la despersonalización puede generar disminución en la calidad de las interacciones humanas, afectando tanto a los compañeros de trabajo como a las personas a las que brindan servicios (Schaufeli & Taris, 2014). Además, la despersonalización puede tener un impacto en la satisfacción laboral y en la percepción de logro personal, lo que a su vez puede afectar el compromiso y la motivación de los individuos (Osorio & cárdenas Niño, 2017).

En la Figura 6 se presentan los resultados para el componente realización personal:

Figura 6. Componente realización personal



Fuente: Elaboración propia, 2023

En el componente de realización personal, se evidencia una situación destacable en relación con el bienestar y la satisfacción laboral de los participantes. El hecho de que el 47.2% de ellos presente indicios de Burnout en este aspecto es un dato relevante, ya que refleja un nivel significativo de insatisfacción y falta de realización en el ámbito laboral (Muñoz Rojas et al., 2018).

Es esencial considerar que el componente de realización personal evalúa la percepción de logro y sentido del trabajo. Los datos obtenidos sugieren que una proporción considerable del personal militar y civil del GRUSE puede estar experimentando una disminución en su motivación y una pérdida de conexión con las tareas laborales.

Esta situación puede tener implicaciones negativas tanto a nivel individual, en términos de bienestar y desarrollo profesional, como a nivel organizacional, en términos de rendimiento y satisfacción en el trabajo (Vojvodić et al., 2019).

B. Síndrome Burnout frente a las características sociodemográficas

En esta sección se establece la incidencia del Síndrome de Burnout en personal militar y civil del del GRUSE con respecto a sus características sociodemográficas.

En primer lugar, se destaca la predominancia de participantes en el grupo de edad entre 18 y 25 años (77,1%), lo que constituye un aspecto de particular interés en el análisis de la relación entre la edad y la prevalencia de Burnout. Esta





franja etaria, caracterizada por una etapa temprana en la vida laboral y la adaptación a un entorno militar desafiante, podría estar expuesta a una mayor susceptibilidad al Síndrome de Burnout.

La falta de experiencia laboral previa podría exacerbar la presión inherente a las demandas de una ocupación militar, impactando tanto en el bienestar emocional como en la capacidad de afrontar el estrés.

Además, la adaptación a las rigurosas demandas del ámbito militar, donde la exposición a situaciones de riesgo y la necesidad de mantener altos niveles de rendimiento son constantes, podría contribuir a la aparición de síntomas de Burnout en la población más joven. Es crucial considerar esta relación entre la juventud y la prevalencia del Síndrome, ya que podría informar la implementación de intervenciones específicas para mitigar los riesgos y promover la salud mental y emocional en este grupo vulnerable.

Ahora bien, el hecho de que el 97.9% de los participantes sean hombres refleja la característica predominante de la composición de género en el contexto militar. Está marcada disparidad en la representación de género puede tener implicaciones en la experiencia de Burnout en esta población.

Las diferencias de género en la percepción y manifestación del Síndrome de Burnout son aspectos relevantes que considerar puesto que se ha observado en investigaciones previas como la de Rojas et al. (2022) que las mujeres y los hombres pueden experimentar el Burnout de manera diferente debido a factores socioculturales y a las distintas formas en que afrontan el estrés.

Por tanto, en un entorno como el militar, en el que las normas tradicionales de género pueden influir en las expectativas y en la forma en que se gestionan las emociones y el estrés, es esencial comprender cómo pueden interactuar con la experiencia de Burnout.

De otro lado, el predominio de participantes solteros (81.3% de la muestra) es un hallazgo significativo al explorar la relación entre el estado

fcivil y la prevalencia de Burnout. La alta proporción de individuos solteros podría sugerir que aquellos con responsabilidades familiares menos exigentes pueden experimentar un menor riesgo de Burnout.

Esta interpretación está en línea con la idea de que, la ausencia de compromisos familiares podría proporcionar una mayor flexibilidad y recursos emocionales para enfrentar las demandas laborales y las situaciones de estrés.

Sin embargo, es crucial reconocer que la percepción de síntomas de Burnout puede estar influenciada por diversas fuentes de estrés, incluido el ámbito familiar. Aunque los solteros pueden tener menos obligaciones familiares directas, no se debe pasar por alto la posibilidad de que factores como el equilibrio entre el trabajo y la vida personal, la soledad o la presión social también puedan contribuir a la experiencia de Burnout en esta subpoblación.

Del mismo modo, cabe mencionar que el hecho de que la mayoría de los participantes cuenten con formación técnica (55.6%) abre una perspectiva intrigante en la exploración de la relación entre el nivel educativo y la prevalencia de Burnout. Este grupo, al desempeñar tareas específicas y rigurosas, podría estar enfrentando una mayor carga de trabajo y presión laboral, lo que podría incrementar su vulnerabilidad al Burnout.

Las ocupaciones técnicas a menudo enfrentan una precisión y atención constante a los detalles, lo que puede llevar a la fatiga emocional y el agotamiento. Por otro lado, aquellos con educación profesional podrían poseer un repertorio más amplio de habilidades y estrategias de afrontamiento, lo que podría influir positivamente en su experiencia de Burnout.

Por lo anterior, es posible determinar que los individuos (objeto de estudio) con formación profesional tengan una mayor comprensión de cómo gestionar el estrés y mantener una perspectiva equilibrada en situaciones desafiantes.

De igual forma, el análisis de las variables relacionadas con responsabilidades familiares, experiencia militar y niveles de estrés, revela un





panorama interesante. La mayoría de los participantes no tiene hijos, personas a cargo, experiencia en operaciones militares ni situaciones de alto estrés. Estos resultados sugieren que el compromiso con responsabilidades adicionales o con experiencias altamente estresantes no necesariamente está correlacionado con una mayor prevalencia de Burnout en esta población.

Esta observación podría tener varias explicaciones: es posible que las condiciones laborales dentro del GRUSE ofrezcan mecanismos de apoyo y adaptación efectivos que contrarresten el impacto del estrés y las responsabilidades familiares. También se puede considerar que, al no tener una experiencia previa en operaciones militares o situaciones de alto estrés, los participantes aún no han sido sometidos a la carga emocional y física que podría aumentar la probabilidad de experimentar síntomas de Burnout.

Sin embargo, es importante reconocer que estos resultados no excluyen la posibilidad de que otros factores, no considerados en esta investigación, puedan estar influyendo en la relación entre responsabilidades y la prevalencia de Burnout.

Por último, es preciso destacar que el análisis de variables como lesiones laborales, capacitación en riesgos, actividad extralaboral y discapacidad arrojan un panorama que sugiere ciertas pautas interesantes. La baja proporción de participantes con historial de lesiones laborales, la falta de capacitación en riesgos y una escasa actividad extralaboral para desconectar, podría indicar que estas variables no están directamente relacionadas con la prevalencia de Burnout en esta población.

Esto podría sugerir que, aunque estas condiciones laborales y de bienestar podrían ser preocupantes en sí mismas, no necesariamente están vinculadas a una mayor probabilidad de experimentar síntomas de Burnout en este contexto específico. Por otro lado, la baja prevalencia de discapacidad en la muestra puede contribuir positivamente a la percepción general de bienestar laboral.

En la Figura 7 se resume la relación entre las características sociodemográficas y el estrés de Burnout identificado en la población de estudio:

Figura 7. Variables sociodemográficas frente a Burnout



Fuente: Elaboración propia, 2023

IV. CONCLUSIONES

A la luz de la información consolidada durante el estudio, es posible acotar las siguientes conclusiones:

Los resultados de la investigación destacan una población mayoritariamente joven (77.1% entre 18 y 25 años) y masculina (97.9%). En cuanto al estado civil, un 81.3% son solteros, mientras que, en la formación educativa, el 55.6% posee formación técnica. Además, la mayoría no tiene hijos (82.6%), responsabilidades familiares (73.6%), experiencia en operaciones militares (76.4%) ni situaciones de alto estrés (50.7%). Respecto a lesiones laborales, capacitación en riesgos, actividad extralaboral y discapacidad, se observa un bajo nivel en estas áreas. Estos hallazgos sugieren un perfil laboral joven, con diversidad educativa y menos cargas familiares y de estrés, lo cual podría contribuir a una menor prevalencia de factores que podrían desencadenar el Burnout.

Los resultados del análisis de la Escala de Maslach en el personal del GRUSE señalan una prevalencia significativa del Síndrome de Burnout. Un 60% muestra signos de cansancio emocional, posiblemente debido a las condiciones laborales intensas en el ámbito militar. Además, un 81.9% exhibe





despersonalización, lo que puede impactar negativamente las relaciones laborales y la satisfacción. En términos de realización personal, el 47.2% evidencia insatisfacción y desconexión con las tareas laborales. Estos resultados subrayan la necesidad de abordar estos aspectos para mejorar el bienestar y el rendimiento en el GRUSE.

Los resultados indican que la juventud (18-25 años) se asocia con mayor susceptibilidad al Burnout debido a la adaptación al entorno militar. La predominancia masculina en el ámbito militar podría influir en la manifestación del Síndrome. Ser soltero podría estar relacionado con menor riesgo de Burnout, pero los factores sociales también tienen influencia en la aparición del Síndrome de Burnout. La formación técnica también podría aumentar el riesgo debido a tareas rigurosas, mientras que niveles educativos superiores podrían influir positivamente en las estrategias de afrontamiento. La falta de correlación entre responsabilidades familiares, experiencia militar y estrés con el Burnout podría indicar mecanismos de apoyo efectivos. Lesiones laborales y capacitación en riesgos no parecen estar relacionadas, pero la baja discapacidad contribuye positivamente al bienestar laboral.

Retomando la pregunta de investigación ¿Cuáles son los factores asociados al Síndrome de Burnout en personal militar y civil del GRUSE?, es posible afirmar que los factores asociados al Síndrome de Burnout en la población de estudio incluyen la juventud (18-25 años) con adaptación al entorno militar, la predominancia masculina, la influencia de ser soltero en menor riesgo (con influencia social), la posible relación entre formación técnica y riesgo debido a tareas rigurosas, y la influencia positiva de niveles educativos superiores en estrategias de afrontamiento. No se halló correlación entre responsabilidades familiares, experiencia militar y estrés con el Burnout, aunque la prevalencia de síntomas sugiere la necesidad de abordar estos aspectos. Lesiones laborales y capacitación en riesgos no parecen estar relacionadas, pero una baja discapacidad contribuye positivamente al bienestar laboral.

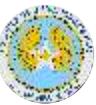
Se sugiere investigar cómo factores externos, como la intensidad de las operaciones militares y las condiciones del entorno laboral, pueden influir en la prevalencia del síndrome de Burnout. Analizar cómo estas variables se relacionan con los hallazgos actuales podría proporcionar una comprensión más completa de las causas y efectos del Burnout en el personal del GRUSE.

Considerando la naturaleza dinámica del Síndrome de Burnout, se recomienda llevar a cabo un estudio longitudinal que siga a los participantes a lo largo del tiempo. Esto permitiría comprender mejor cómo los factores sociodemográficos y laborales pueden cambiar y cómo estas variaciones se relacionan con la evolución del Burnout en el tiempo.

Complementar los hallazgos cuantitativos con una investigación cualitativa podría brindar una comprensión más profunda de las experiencias individuales y las percepciones sobre el Síndrome de Burnout. Entrevistas o grupos focales podrían revelar aspectos no capturados en las mediciones cuantitativas y proporcionar información valiosa para el diseño de intervenciones específicas.

REFERENCIAS

- Echevarría Yábar, A. (2019). *Prevalencia del Síndrome de Burnout en los factores sociodemográficos - sociolaborales en el personal del Centro Salud Militar Rímac - Lima 2018* (Unpublished master's thesis). Universidad Autónoma de ICA.
- García Caccire, D. Á. (2021). *Síndrome de Burnout en el personal militar de Locumba, Provincia de Jorge Basadre, Tacna, 2021* (Unpublished master's thesis). Universidad César Vallejo.
- García Caccire, D. Á., & Nakakado Vela, Y. K. (2021). *Síndrome de Burnout y agresividad en militares del cuartel general del distrito de Rímac-Lima 2020* (Unpublished master's thesis). Universidad César Vallejo.





- Echevarría Yábar, A. (2019). *Prevalencia del Síndrome de Burnout en los factores sociodemográficos - sociolaborales en el personal del Centro Salud Militar Rímac - Lima 2018* (Unpublished master's thesis). Universidad Autónoma de ICA.
- García Caccire, D. Á. (2021). *Síndrome de Burnout en el personal militar de Locumba, Provincia de Jorge Basadre, Tacna, 2021* (Unpublished master's thesis). Universidad César Vallejo.
- García Caccire, D. Á., & Nakakado Vela, Y. K. (2021). *Síndrome de Burnout y agresividad en militares del cuartel general del distrito de Rímac-Lima 2020* (Unpublished master's thesis). Universidad César Vallejo.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). Mc Graw Hill Education.
- Hosseini, S. M., Hesam, S., & Hosseini, S. A. (2023). *Burnout among Military Personnel: A systematic Review*.
- Lancheros, C. (2021). *Prevalencia de depresión y caracterización demográfica en población que consulta al servicio de urgencias en el Hospital Militar Central durante el año 2019* (Unpublished master's thesis). Bogotá D.C.
- López, A. R., Pardo, Y. H., & Archila, L. S. (2020). *Cuantificación del número de estudiantes que presentan el Síndrome de Burnout en la Tecnología en Atención Prehospitalaria de la Universidad Militar Nueva Granada* (Unpublished master's thesis). Universidad Militar Nueva Granada.
- Maslach, C., & Leiter, M. P. (2016). *Understanding the burnout experience: recent research and its implications for psychiatry*. *World psychiatry*, 15(2), 103–111.
- Modlin, D. M., Aranda, M. C., Caddell, E. C., & Faler, B. J. (2020). *An Analysis of Burnout among Military General Surgery Residents*. *J Surg Educ*, 77(5), 1046–1055. doi: 10.1016/j.jsurg.2020.03.002.
- Muñoz Rojas, D., Orellano, N., & Hernández Palma, H. (2018). *Riesgo psicosocial: Tendencias y nuevas orientaciones laborales*. *Psicogente*, 21(40), 532–544. doi: 10.17081/psico.21.40.3090.
- Rojas, M. C. C., Maggia, J. A. U., & Loayza, E. I. L. (2022). *Prevalence of burnout syndrome in military personnel at the National Geographic Institute of Peru*. *Enfermería Global*, 21, 436–446. doi: 10.6018/eglobal.489281.
- Seijas-Solano, D. E. (2019). *Riesgos psicosociales, estrés laboral y Síndrome Burnout en trabajadores universitarios de una escuela de bioanálisis*. *Revista de Salud Pública*, 21(1), 102–108. doi: 10.15446/rsap.v21n1.71907.
- Vojvodić, A. R., Dedić, G., & Dejanović, S. D. (2019). *Defense mechanisms and quality of life in military personnel with a burnout syndrome*. *Vojnosanit Pregl*, 76(3), 298–306. doi: 10.2298/VSP170304114V.
- Vojvodic, A. R., Dedic, G., Vojvodić, A. R., Dedić, G., & Vojvodic, A. (2020). *Correlation between burnout syndrome and anxiety in military personnel*. *UDK: Ser J Exp Clin Res*, 21, 59–65. doi: 10.2478/SJECR 2018 0004.





Elaboración Guía de experimentación simulada del curso de control recurrente del aeródromo de Bogotá para el simulador virtual de tránsito aéreo de la ESUFA

Development of a Simulated Experimentation Guide for the Recurrent Control Course of the Bogotá Aerodrome for ESUFA's Virtual Air Traffic Simulator

Torres Álvarez, María Fernanda; Cocunubo Valbuena, John Jredy
maria.torresa@fac.mil.co, jhonc@esufa.edu.co
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz

RESUMEN

Las necesidades del sector aeronáutico de la defensa en el que se desenvuelve la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC), demanda el compromiso fundamental de la Escuela de Suboficiales Fuerza Aérea (ESUFA) en el fortalecimiento de las competencias y capacidades de los futuros Controladores de Tránsito Aéreo. En este caso, el curso recurrente de control de aeródromo contribuye al desarrollo de habilidades y destrezas de los militares para que se puedan desenvolver en los servicios de tránsito aéreo; además, se convierte en una herramienta didáctica que fortalece el proceso de formación en la especialidad.

Por lo anterior, se plantea dentro de esta investigación, la elaboración de una guía de experimentación simulada para el curso de control recurrente del aeródromo de Bogotá, aplicable en el simulador virtual de tránsito aéreo de la ESUFA. En tal sentido, los requerimientos de la guía son los escenarios, las horas de entrenamiento, las aeronaves, las dificultades procedimentales. La propuesta se elaboró siguiendo parámetros académicos, consultando expertos del curso control recurrente y clasificando cada ejercicio, de acuerdo con las características del aeródromo SKBO.

La guía simulada fue evaluada por tres expertos a través de un instrumento de validación creado en dos categorías, cada categoría con cinco aspectos a evaluar; al final, se obtuvo un promedio general de la guía de 4.88 sobre 5 en un nivel superior. Se recomienda fortalecer los criterios que arrojaron menor puntaje. En todo el proceso, se empleó el método cualitativo dentro de la estrategia experimental.

Palabras clave: Guía, simulación, control, recurrente, tránsito aéreo.

SUMMARY

The needs of the aeronautical defense sector, within which the Colombian Aerospace Force (FAC) operates, demand the fundamental commitment of the Air Force Noncommissioned Officers School (ESUFA) in strengthening the competencies and capacities of future Air Traffic Controllers. In this context, the recurrent aerodrome control course contributes to the development of skills and abilities among military personnel, enabling them to operate in air traffic services. Moreover, it serves as a didactic tool that enhances the training process in this specialization.

This research focuses on the development of a simulated experimentation guide for the recurrent control course at Bogotá's aerodrome, applicable in ESUFA's virtual air traffic simulator. The guide outlines requirements such as scenarios, training hours, aircraft types, and procedural challenges. It was formulated following academic parameters, involving consultations with recurrent control course experts and classifying each exercise according to the characteristics of the SKBO aerodrome.

The simulated guide underwent evaluation by three experts using a validation instrument structured in two categories, each containing five aspects for assessment. Ultimately, the guide received an overall average rating of 4.88 out of 5, signifying a superior level. Recommendations were made to strengthen aspects that received lower scores. Throughout the process, a qualitative method was employed within the experimental strategy.

Keywords: Guide, simulation, control, recurrent, air traffic.





I. INTRODUCCIÓN

Las operaciones aéreas en la FAC exigen un personal altamente competente y calificado para proporcionar de forma adecuada los servicios de navegación aérea, como soporte en las comunicaciones aeronáuticas para dominar el aire, el espacio, el ciberespacio y desarrollar operaciones de transcendencia en el cumplimiento de la misión.

De este modo, los controladores aéreos deben aprobar su formación inicial en la ESUFA y luego, complementar su preparación en curso sobre conocimientos de aerodinámica, performance, procedimientos aeronáuticos, meteorología y fraseología, entre otras; al igual, deben desarrollar una fase práctica en el simulador convencional y virtual para reforzar las habilidades y destrezas, lo que expone la necesidad de que los instructores tengan una guía de experimentación con los escenarios más importantes.

La necesidad de crear nuevos escenarios para orientar las prácticas de simulación que incorporen diferentes casos procedimentales de control de aeródromo y que permitan ajustar los escenarios existentes basados en nuevas experiencias en la entrega de servicios de tránsito aéreo, abre la oportunidad de plantear la elaboración de una guía de experimentación simulada para el curso de control recurrente basado en el aeródromo de Bogotá, que sea aplicable en el simulador virtual de tránsito aéreo de la ESUFA.

Para crear estos escenarios, se identifican los requerimientos necesarios que exigen estas guías de experimentación simuladas; luego, se describen las características del aeródromo de Bogotá para incorporarlas al curso de control recurrente y al simulador virtual de tránsito aéreo.

En este mismo orden, se elabora la propuesta de la guía de experimentación ajustándola al escenario del aeropuerto El Dorado SKBO para el curso de control recurrente. Dicha propuesta, se evalúa verificando que cumpla con las

condiciones operativas y de entrenamiento establecidas para el curso de control recurrente de los controladores aéreos en la FAC.

La investigación se desarrolla en tres fases: identificación, desarrollo y validación, de tal manera que para alcanzar los objetivos planteados se emplean los métodos cuantitativo y cualitativo, datos que se complementan en la recolección, análisis y argumentación. Además, se emplean técnicas de recolección, como la encuesta, el análisis deductivo, la observación directa y la selección discreta de la población. En este proceso, se emplea el método de investigación aplicada poniendo en práctica los conocimientos y experiencias para solucionar el problema y mejorar el entrenamiento.

De manera preliminar, se identifica que De Balle y Fernandez (2022) desarrollan un simulador básico y construyen los procedimientos con base en los casos para el control de tráfico aéreo por medio de la aplicación MATLAB, generando una realidad basada en los servicios que cumplen los Controladores de Tráfico Aéreo (CTA). De manera similar, Organización Internacional de Aviación Virtual (2020) crea la plataforma "IVA0", para generar un ambiente de aprendizaje virtual; allí se entrenan pilotos y controladores que se conectan a un servidor llamado FSD de entorno uno a uno múltiple. Esto permitió, establecer la Red de Simulación Área (SATCO-actualmente VATSIM) para fortalecer el entrenamiento.

II. METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para elaborar la presente guía de experimentación simulada del curso de control recurrente del aeródromo de Bogotá, se analizó el desarrollo de cada objetivo; primero, la identificación de requerimientos de información que debe tener la guía, para lo cual, se planteó realizar una encuesta tomando una muestra discreta de los controladores aéreos por experiencia y conocimiento, para recoger datos de forma cuantitativa, sustentada en el fundamento de Hueso y Cascant (2012), quienes explican que este método cuantitativo requiere





de aplicar técnicas para medir un objeto o población de interés por medio de variables; asimismo, Hernández (2014) indica que, este método utiliza la medición para resolver interrogantes.

Del mismo modo se realiza una revisión documental utilizando la técnica de análisis y deducción, de la cual se esperan datos descriptivos sobre los parámetros y recomendaciones que se han emitido para los aeródromos. En este caso, se adopta el planteamiento de Hernández Sampieri, et al (2014) sobre el método cualitativo, el cual permite describir aspectos de un fenómeno estudiado para comprender como se presenta.

De igual manera, para la elaboración de la propuesta de la guía de experimentación simulada, se planteó realizar un análisis y verificación de la estructura, a través de la observación indirecta para recolectar datos descriptivos y cualitativos del aeródromo. Esta información se complementa con los datos que se obtienen de la entrevista que se realiza a un personal de expertos en la materia.

La propuesta de la guía se evalúa por medio de una matriz construida con criterios y parámetros cuantitativos y se aplica a un grupo de militares con experiencia y conocimiento, quienes expresan objetivamente sus puntos de vista.

Con base en los planteamientos anteriores, la investigación se desarrolla bajo el enfoque mixto sustentado en el argumento de Hernández S, et al (2014). Este enfoque es una muy buena opción para combinar los métodos de cara a la comprensión del fenómeno y desarrollo de los planteamientos.

En complemento, la metodología se desarrolla a través de la investigación aplicada, que según Castillo (2022), es adecuada para poner en práctica los conocimientos adquiridos y combinarlos con otras ciencias para resolver problemas específicos, del cual, se espera obtener un alcance descriptivo.

Lo anterior, se desarrolla en un ambiente de documental y de campo.

A. Fase de identificación

En esta fase se aplica un cuestionario de preguntas cerradas semi estructuradas con distintas categorías, para identificar los requerimientos y aspectos relacionados con el desarrollo de la guía, a una muestra discreta de 17 CTA seleccionados por el conocimiento y experiencia en las funciones de tránsito aéreo y desarrollo del curso de control recurrente.

Luego, se realiza una revisión documental del Manual de Operaciones de Aeródromo (MANOA) empleado para la instrucción en la ESUFA y documentos de la Aerocivil sobre el Aeródromo de Bogotá SKBO, para identificar la estructura de los módulos y de los ejercicios específicos convencionales de simulación de control de aeródromo, y las características del aeródromo.

B. Fase de desarrollo

Para desarrollar la guía de simulación, primero se estructuran los aspectos académicos como son: el objetivo general, los objetivos específicos de aprendizaje, luego, siguiendo el modelo de la estructura del MANOA, del número de ejercicio, contingencias, afluencias y dificultades. A esto se le agregaron otros parámetros como: hora de llamado, identificación, tipos, velocidades crucero, las reglas de vuelo, la especificación del aeródromo de salida y llegada, la ruta, el nivel, los puntos de llegada y observaciones.

C. Fase de validación

En esta fase se elaboró un instrumento de evaluación con dos categorías y en cada una de estas, se plantean cinco criterios que permiten valorar los aspectos académicos, procedimentales y operacionales de la guía. Así mismo se seleccionaron discretamente por conocimiento y experiencia en el campo, tres expertos evaluadores quienes califican cada criterio en un rango de 1 a 5. Los resultados de cada criterio son parametrizados y sumados para establecer el puntaje y promedio, luego se computan los promedios de cada categoría para tener un promedio general de calificación de la guía simulada. Estos puntajes (categoría de aspectos académicos, procedimentales y





operacionales) son proyectados en gráficas para ilustrar la evaluación. Con base en estos resultados, se realiza la discusión y conclusiones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultado identificación requerimientos

La información procesada permitió identificar que para elaborar la guía se requiere lo siguiente:

-  Definir los tiempos en que los CTA deben realizar curso control recurrente y establecer un parámetro riguroso para realizar prácticas en los simuladores de tránsito aéreo.
-  Realizar la descripción característica del aeródromo de lo general a lo particular dentro de la guía de simulación, para que los CTA tengan un conocimiento previo.
-  Complementar el simulador con otros escenarios en donde se combinen diferentes tráficos.
-  Incluir en los ejercicios de simulación contingencias, emergencias y situaciones que pongan a prueba el conocimiento teórico, la práctica y las experiencias reales.

Frente a esto, se generó la discusión sobre las capacidades que deben alcanzar los controladores aéreos, ya que su nivel depende de los periodos de entrenamiento programados para la realización ejercicios de simulación en la ESUFA. En tal sentido, la OACI (2022) aclara la importancia de cumplir las etapas de instrucción para quienes ingresan o ya se encuentran trabajando en áreas de servicio, para repasar y adaptar nuevas experiencias, procedimientos y protocolos, como se ilustra en la siguiente figura:

Figura 1. Niveles de instrucción Controladores



Fuente: Elaboración propia, 2023

Nota: la figura describe un modelo de entrenamiento propuesto por la OACI (2022), para la gestión de tránsito aéreo, para el desarrollo de competencias adecuadas, la cuales, permiten que el personal alcance el óptimo desempeño.

En este mismo sentido, se recogen argumentos frente a los requisitos que se deben cumplir en la gestión del tránsito aéreo; por un lado, expresa Aerocivil (2022) en el RAC-211 que, cualquier persona que cumpla labores o actividades para proveer servicios de tránsito aéreo debe capacitarse como controlador de tránsito aéreo, al igual, durante el tiempo que se desempeñe en los puestos de trabajo. De esta manera, los proveedores de servicios de tránsito aéreo deben elaborar y cumplir un programa de instrucción y capacitación inicial, periódico, especializado y de entrenamiento en el puesto de trabajo, que fortalezca los conocimientos, la pericia, competencia y calificaciones. De acuerdo a lo anterior, Fuerza Aeroespacial Colombiana (2020) elabora el Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (MINEV), y establece como requisito para los controladores aéreos desarrollar en la ESUFA el curso avanzado recurrente de control de aeródromo dentro de un periodo de tres años.

B. Resultado elaboración propuesta

Se elaboró la guía de ejercicios prácticos para el curso recurrente del control de aeródromo del aeropuerto El Dorado de Bogotá. La estructura de la guía contiene la portada con los datos preliminares, la introducción, el objetivo general y los objetivos de aprendizaje. Posteriormente, se hace una descripción general de los ejercicios con las dificultades. Como complemento se presenta cada ejercicio con las condiciones de escenarios, posiciones y coordinaciones, como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Estructura general de servicios

No. Ejercicio	EJERCICIOS		
	Contenido o perfil de capacidad buscada	Afluencia	Dificultad
1A	Reagrupa	Baja	Baja
1B	Reagrupa	Baja	Baja
2A	Prueba idioma, Tráfico militar, Incursión en pista.	Medio	Medio
2B	Prueba idioma, Tráfico militar, Incursión en pista.	Medio	Medio
3A	HI Jack o BIV	Alta	Medio
3B	HI Jack o BIV	Alta	Medio
4A	Emergencia en vuelo o PALCOM, transmisión nocturna, EMTC EBIV	Alta	Alta
4B	Emergencia en vuelo o PALCOM, transmisión nocturna, EMTC EBIV	Alta	Alta

Fuente: Elaboración propia, 2023





Nota: La tabla describe los aspectos preliminares que debe conocer el controlador para realizar el procedimiento.

Tabla 2. Estructura guía

ESTRUCTURA											
Curso Recurrente de Control de Aeródromo											
Aeropuerto El Dorado de Bogotá											
Condiciones del escenario:		Aerovías VFR y movimiento superficial están listas a rodar, IFR solicitan pista en marcha y (usando atajique (tránsito)).									
Fase de control:		Control Torre: asume Control de ascenso, Superficie y autorizaciones.									
Condiciones:		Se realizan con el instructor Pseudo-piloto por línea telefónica, el instructor en sala estará a la escucha de las comunicaciones.									
Meteorología:		Condiciones de vuelo visual con 8000 m de visibilidad o más.									
Nº.	Asignatura	Identificación	Tipo	Velocidad máxima (KTS)	Alte. de vuelo	Alte. de salida	Alte. de llegada	Ruta	Rend.	Punto de llegada o salida	Observaciones
1.	1267	TRON 5	C130	300	IFR	5000	5000	ARL2A-ABL-POE	100	SOA	INGLES
2.	1408	FAC1201	C205	300	VFR	5000	5000	ENREZ/VALENCIA/IFR	100	BOG	ESPAÑOL/INGLES/FR
3.	1406	AA0236	M800	450	IFR	5000	5000	Z04H+BLM	300	GAJUN	
4.	1408	HALCOM	UH60	120	VFR	5000	5000	SOA-DEC	100	SOA	INGLES
5.	1414	BBF00001	OV10	260	VFR	5000	5000	POE-GRM	100	GRM	
6.	1412	H000412	AF42	300	VFR	5000	5000	SOA-DEC	145	SOA	

Nota: La tabla describe la estructura del curso control recurrente, el cual, contiene los datos necesarios para realizar prácticas de simulación

Fuente: Elaboración propia, 2023

Con respecto a la elaboración de la propuesta de la guía, en los datos recopilados se identificó una buena aceptación en todos los puntos por parte de los controladores aéreos encuestados, lo cual concuerda con la necesidad de complementar los escenarios actuales con otros escenarios, ajustando los escenarios de simulación en cuanto al tiempo de duración de los ejercicios, combinación de aeronaves y las dificultades de los ejercicios para generar otras situaciones en donde este personal desarrolle sus habilidades.

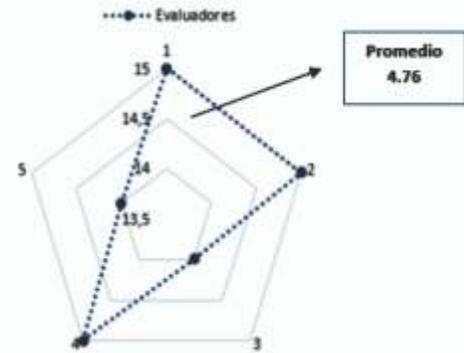
Lo anterior, se sustentó en la importancia que tiene la simulación en el entrenamiento virtual que se imparte, dinamizando las prácticas para romper la monotonía producto de los repetitivos escenarios, ajustando los tiempos de las practicas recurrentes e incorporando nuevos escenarios con nuevas situaciones procedimentales para aumentar habilidades y destrezas en los TCA.

C. Resultado de evaluación guía Simulada

Se aplicó el instrumento de evaluación de la guía a tres expertos, de este modo, los resultados

permitieron observar que la categoría de aspectos académicos alcanzo un promedio de calificación de 4.76 sobre 5.0 y la categoría de aspectos procedimentales y operacionales de 5.0 sobre 5.0, como se muestra en las siguientes figuras:

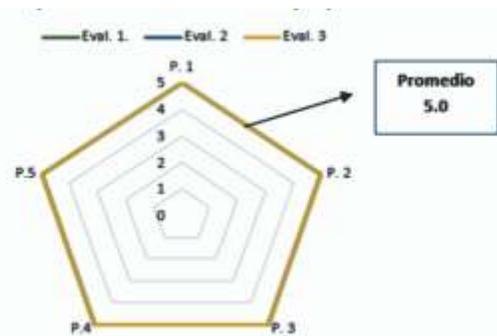
Figura 2. Evaluación categoría aspectos generales



Nota: La figura presenta los puntajes presentados por los tres evaluadores para medir la categoría.

Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura 3. Evaluación categoría aspectos procedimentales y operacionales



Nota: La figura representa los valores de los puntajes y promedios de acuerdo con la calificación presentada por los expertos en esta categoría.

Fuente: Elaboración propia, 2023

La sumatoria de estas categorías evaluadas arrojó un promedio final de evaluación de la guía de 4.88 sobre 5.0. Uno de los aspectos relevantes observados en la guía fue la inclusión de objetivos, general y específicos, que según Galvis (2011) definen el propósito que se busca en un proceso de enseñanza o aprendizaje y complementa Feliu (2021) que los objetivos son la clave en un proceso de enseñanza porque se convierten en criterios de aprendizaje.





IV. CONCLUSIONES

La identificación de requerimientos fue vital para desarrollar la guía de simulación. En este caso particular, se evidencia que no hay un control riguroso del personal que debe realizar el curso avanzado de control recurrente y las prácticas en el simulador virtual de la ESUFA en los periodos de tiempo de tres años establecidos por la FAC dentro del Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (MINEV).

Esta guía de experimentación simulada para el curso de control recurrente del aeródromo El Dorado de Bogotá (SKBO) aplicable en el simulador virtual de tránsito aéreo de la ESUFA, tiene buena aceptación por parte de los controladores aéreos encuestados, quienes a su vez expresan que, para la creación de la guía se deben ajustar los escenarios de simulación, aumentar las horas de entrenamiento y actualizar las aeronaves en los escenarios, para que se aumente la dificultad y se desarrollen en este personal capacidades para afrontar nuevas situaciones.

En la construcción de la propuesta fue necesario conocer los requisitos exigidos por el área académica, para el establecimiento del objetivo general y los objetivos de aprendizaje. Para crear los ejercicios se integró a un grupo de expertos del curso de control recurrente y se trabajó la clasificación de cada ejercicio con una categoría distintiva, unas contingencias para cada ejercicio, la afluencia de tráfico, la dificultad del ejercicio y demás información necesaria. La información complementaria permitió agregar la complejidad requerida a los ejercicios de tráfico aéreo, importante para elaborar la estructura del curso recurrente de control de aeródromo.

La evaluación de la guía por parte de los expertos arrojó resultados positivos, ya que la categoría de aspectos académicos obtuvo un promedio de 4.76 sobre 5.0 y la categoría de aspectos procedimentales y operacionales, un promedio de 5.0. Al final los dos puntajes computados reflejan un promedio de calificación general de la guía de 4.88, que es equivalente a un nivel

superior, de acuerdo con la escala del sistema educativo nacional.

De acuerdo con lo observado en el proceso, se recomienda confrontar los escenarios actuales con experiencias reales actuales, así mismo, es necesario crear un sistema de registro que genere alertas para identificar el personal que cumpla los periodos de tres años y requiera cumplir el entrenamiento del curso recurrente. Se recomienda incorporar a los escenarios, avisos previos que destaquen las reglas y criterios para el desarrollo de cada ejercicio. Al final, es importante evaluar aspectos del ejercicio y la guía. A futuro se pueden mejorar los criterios evaluados en cada categoría para fortalecer la guía

REFERENCIAS

- Aerocivil. (2022). RAC 211: GESTIÓN DE TRÁNSITO AÉREO. Enmienda 3. Aerocivilcivil, 1181. [https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC 21 - Gestión de Tránsito Aéreo.pdf](https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%2021-Gestión%20de%20Tránsito%20Aéreo.pdf)
- Castillo, S. (2022). Biblioteca: Investigación Aplicada: Definición y propósito de la Investigación Aplicada. Bibliotecas Duoc.Cl. <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada>
- De Balle Pardo, J. E. y F. de la C. J. J. (2022). Proyecto Fin de Carrera Trabajo Fin de Grado Ingeniería de Ingeniería Telecomunicación Grado en Aeroespacial Formato de frecuencia Publicación de la Escuela Técnica Diseño de controladores para UAVs Superior Ingeniería de ala de rotatoria mediante esquem. Universidad de Sevilla, 1209.
- Feliu, J. (2021). La importancia de los objetivos de aprendizaje. Tecnocentres.Org. [https://tecnocentres.org/es/blog/2021/12/05 /la-importancia-de-los-objetivos-de-aprendizaje/](https://tecnocentres.org/es/blog/2021/12/05/la-importancia-de-los-objetivos-de-aprendizaje/)
- Fuerza Aérea Colombiana. (2020). Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo FAC 7.2-R MINEV.271.





Galvis, H. S. (2011). Los objetivos y su importancia para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista de Pedagogía*, 32(91), 113130.

Hernández S, F. C. y B. L. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. (MC Graw Hill (ed.); MC Graw Hi).

Hernández Sampieri, Roberto; Fernandez Collado, Carlos; y Baptista Lucion, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación*, sexta edición. (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES (ed.)).

Hueso, Andrés; y Cascant, M. J. (2012). *Metodología y Técnicas Cuantitativas de Investigación*. Primera edición. (Universita). www.lalibreria.upv.es

OACI. (2022). Cuarta Reunión Virtual del Comité de Revisión de Programas y Proyectos (CRPP) del GREPECAS. *Icao.Int*, 2122.

Organización Internacional de Aviación Virtual. (2020). PLATAFORMA IVAO. Artículo. <https://bo.ivao.aero/Comunidad/QueEsIVAO>





TECNO
ESUFA



VOLUMEN 33 DICIEMBRE 2023



TECNO
ESUFA



CIENCIA Y TECNOLOGÍA AERONÁUTICA

- ✈ ·Diseño y fabricación de un vehículo aéreo no tripulado autónomo tipo ala fija FAC.
- ✈ ·Sistema de control para cohetes
- ✈ ·Implementación y Digitalización Banco de Instrumentos Aeronáuticos
- ✈ ·Modelo aéreo de reconocimiento tipo ALA ZAGI con adquisición de imágenes para análisis



Diseño y fabricación de un vehículo aéreo no tripulado autónomo tipo ala fija para la Fuerza Aeroespacial Colombiana

Design and Manufacturing of an Autonomous Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for the Colombian Aerospace Force

Quintana Noguera, Oscar Daniel., ST. Ardila Marulanda,
George Mauricio., Melo, Catalina.
oscar.quintana@fac.mil.co, george.ardila@fac.mil.co,
catalinam@esufa.edu.co.
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz

RESUMEN

Un vehículo aéreo no tripulado autónomo (UAV) se puede utilizar para una variedad de aplicaciones, como búsqueda y rescate, vigilancia y seguridad, fotografía aérea, geología, transporte, topografía e inspección de infraestructura.

El perfil de vuelo de un ala fija tipo Zagi fue considerado como referencia para el diseño de la aeronave. Este perfil se caracteriza por su estabilidad, capacidad de maniobra y vuelo controlado a una velocidad constante. Estas características lo hacen ideal para aplicaciones de vigilancia y mapeo aéreo que podrían ser aprovechadas en una aeronave autónoma.

En este contexto, se realiza el diseño y fabricación de una aeronave no tripulada de tipo ala fija utilizando el material de foam board, que cumple con los requerimientos propuestos.

Se realiza el diseño de la estructura y la programación de los componentes electrónicos del UAV que constituyen el sistema de control de vuelo automático. La investigación realizada con el grupo CETIA utilizó el programa Betaflight y cálculos aerodinámicos del alar en XFLR5 que configura las condiciones del diseño para realizar las pruebas de vuelo. Se desarrolló un UAV de bajo costo con una sustentabilidad adecuada, con una estructura configurada con elementos electrónicos económicos y materiales de espuma tipo foam board como alternativas innovadoras para esta tecnología UAV. Se obtuvo una estabilidad de vuelo debido a su gran área alar 0,42 m² y su baja carga alar de 1,22 kg que proporciona la sustentación, logrando un alcance aproximado de 1.5 km de distancia.

Palabras clave: Aerodinámica, Betaflight, Electrónica, Monitoreo, UAV de ala fija.

SUMARY

An autonomous unmanned aerial vehicle (UAV) can serve various purposes such as search and rescue, surveillance, security, aerial photography, geology, transportation, topography, and infrastructure inspection.

The flight profile of a Zagi-type fixed-wing was taken as a reference for the aircraft design. This profile is characterized by stability, maneuverability, and controlled flight at a constant speed, making it ideal for surveillance and aerial mapping applications suitable for an autonomous aircraft.

Within this context, the design and fabrication of a fixed-wing unmanned aircraft using foam board material that meets the proposed requirements were carried out.

The structure design and programming of UAV electronic components, constituting the automatic flight control system, were completed. The research conducted with the CETIA group utilized the Betaflight program and aerodynamic calculations in XFLR5, configuring the design conditions for flight tests. A low-cost UAV was developed with adequate sustainability, structured with economical electronic elements and foam board materials, offering innovative alternatives for UAV technology. The achieved flight stability, due to its large wing area of 0.42 m² and low wing loading of 1.22 kg providing lift, enabled an approximate range of 1.5 km.





Keywords: Aerodynamics, Betaflight, Electronics, Monitoring, Fixed-Wing UAV.

I. INTRODUCCIÓN

Las aeronaves remotamente tripuladas de ala fija, también conocidas como drones, tienen una historia que se remonta a principios del siglo XX, uno de los primeros drones de ala fija fue el Radioplane OQ-2, desarrollado por la compañía Radioplane en la década de 1940 para su uso en entrenamiento de artillería [1]. En la década de 1990 comenzaron a utilizarse drones de manera regular en misiones militares[2].

La investigación y desarrollo de vehículos aéreos no tripulados ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Una aeronave remotamente tripulada (ART) es un tipo de aeronave que puede ser controlada de forma remota desde una estación de pilotaje a distancia [3].

Los ART ala fija a menudo se utilizan para misiones militares, como la vigilancia, el reconocimiento y la recopilación de inteligencia. El perfil de vuelo de un ala fija tipo Zagi fue considerado como referencia principal para el diseño de la aeronave. Dentro de las ART en el aeromodelismo, su facilidad de construcción y vuelo estable son sus características principales. Este perfil se caracteriza por su estabilidad, capacidad de maniobra y vuelo controlado a una velocidad constante[4].

La aerodinámica es fundamental para el diseño de una aeronave, por lo tanto, es importante comprender sus principios básicos, como la sustentación, el arrastre, la estabilidad y el control para proporcionar una estabilidad adecuada durante las maniobras[5].

El perfil alar de un ART de ala fija puede variar en función del diseño y uso. Por lo general, los perfiles alares de los aviones de ala fija tienen una forma aerodinámica que permite generar la sustentación necesaria para mantener el avión en el aire[6].

El perfil alar National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) está diseñado para producir una sustentación eficiente y un arrastre reducido, lo que ayuda a maximizar la autonomía de vuelo

de los drones de ala fija, permitiendo a los diseñadores de drones adaptar el perfil a las necesidades específicas de la aeronave y la misión[7].

Para llevar a cabo la investigación de la dinámica de vuelo de las ART, es necesario implementar un análisis del comportamiento de la aeronave. Estos parámetros se obtienen a través de pruebas utilizando una versión a escala reducida de la aeronave. El resultado de este proceso es un modelo matemático lineal local que se evalúa en diversas condiciones de velocidad del viento, altitud y posición (altitud)[8].

El análisis de los diversos elementos que constituyen el AUV en relación a la aerodinámica, estabilidad, mecanismos de impulso y estructura de diseño específicamente dirigidos a los modelos aéreos son mostrados en [9].

Por lo tanto se hace necesario realizar un estudio de la dinámica del sistema antes de empezar a conceptualizar y diseñar las leyes de control[10]. Se concuerda entonces con la propuesta de la dinámica lateral-direccional[11] ya que esta es la encargada de estabilizar la aeronave en su eje de alabeo y de guianza, así como de orientar el rumbo de la aeronave.

Otros autores realizaron el aprovechamiento de sensores para el desarrollo de un prototipo de vehículo aéreo no tripulado de ala fija y tamaño táctico con capacidad de vuelo autónomo. Se implementó una red de sensores con comunicación inalámbrica y tecnología (FPV - First Person View) para mejorar la autonomía de vuelo y obtener datos precisos para el reconocimiento del área de vuelo[12].

En la investigación aerodinámica para aeromodelos [13], reportan que un modelo de avión con motor cuando está en vuelo nivelado, está sujeto a muchas fuerzas que actúan en todas sus partes [14]. Por lo tanto, es necesario considerar diferentes variables al seleccionar el perfil alar, diseñar el fuselaje, determinar las dimensiones necesarias y establecer el peso adecuado. Las condiciones de vuelo son determinantes para la aplicación de métodos que





tienen como objetivo, el análisis de las propiedades aerodinámicas identificadas en el perfil [1 5] .

Por lo tanto, la instalación de todos los componentes electrónicos necesarios para controlar los actuadores de la aeronave y poder manejarla durante el vuelo, son un elemento fundamental en la operación del AUV [16].

II. METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A. Fases de diseño

Se diseña el perfil ala de vuelo del AUV para la Fuerza Aeroespacial Colombiana, asegurando que el vehículo pueda realizar sus funciones de vuelo. Los planos de construcción fueron realizados con el software SmartDraw para asegurar que el diseño cumpla con los requisitos aerodinámicos que son estudiados en el programa XFLR5 de la aeronave. Para su funcionamiento se configura en Betaflight con los diferentes comandos programados con el receptor fly sky FS-IA6B.

Esto implicó la evaluación de los diferentes cálculos, como la envergadura de 2260 m, un ángulo alar $27,6^\circ$, área del perfil de vuelo con una velocidad de 10m/s y un peso total de 1,22 kg, los cuales se realizaron en el programa XFLR5, siendo un software que se utiliza para simular el vuelo de un avión y las características visuales que otorga el programa para dar una orientación en 3D.

B. Fase de programación

Se realizó la programación de un ala Zagi con Arduino junto con el software libre y de código abierto Betaflight para programar y configurar el receptor fly sky Fs-IA6B de vuelo utilizados en el ala fija. Está diseñado para proporcionar una interfaz gráfica fácil de usar que permite a los usuarios configurar y ajustar los parámetros de vuelo, como la respuesta de los motores, la estabilización del vuelo, el controlador PID y la configuración de los canales de radio. Con el software Betaflight también se monitorea el rendimiento del vuelo.

Por otra parte, se valida la configuración aerodinámica en el software XFLR5, uno de los parámetros de configuración más importantes en XFLR5 es el perfil del ala nombrados anteriormente en el diseño. El perfil del ala es la forma de la sección transversal del ala, entrega la aerodinámica del avión basados en la envergadura, teniendo como resultado final las especificaciones de vuelo según un perfil NACA 1410, entonces máxima curvatura 1%, máxima curvatura localizada al 40%, máximo espesor 10% de la envergadura.

C. Fase de construcción

Para la selección de materiales se hace un análisis adecuado de los requisitos de diseño para la construcción del ala ZAGI según las características NACA 1410 teniendo como material principal, cartón pluma y espuma foam board cortada de acuerdo con el diseño, luego se ensamblaron los componentes incluyendo tornillos, pegamento y cinta adhesiva. La característica de la envergadura fue de 2260 mm, el resultado es el porcentaje de balance en funcionamiento correcto con una carga alar de 1,22 kg/m.

En la implementación electrónica se realizó la integración de un receptor flu sky FS-IA6B, este módulo opera junto con el radio control por medio de telemetría a una frecuencia de 2.4GHz y señales PPM que van hacia la controladora de vuelo. En el resultado entrega un alcance de distancia de 1,5 km. Para los componentes electrónicos se utilizó una batería recargable tipo LiPo con 3 celdas de 1500 mAh utilizada para garantizar las condiciones de vuelo. Dos servomotores SG60, un motor Esc 30a Brushless A2212.

D. Fase validación

La validación del sistema de ala fija con un perfil NACA 1410 implicó verificar cómo el ala y el perfil aerodinámico se comportan en diferentes condiciones de vuelo, para validar su tiempo de vuelo aproximado de 5 minutos y una velocidad de 10m/s. También se tiene como resultado la densidad con un valor de $1,225 \text{ kg/m}^3$ y y viscosidad resultante $1,5e-05 \text{ m}^2/\text{s}$ del perfil aerodinámico.



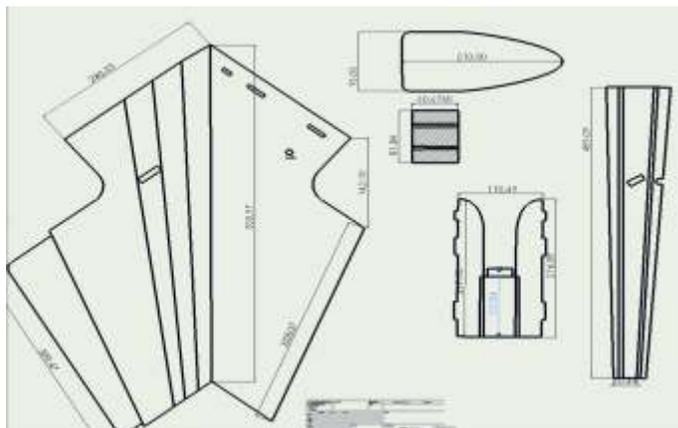


III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Diseño

Se realizó el diseño del ala zagi, con las condiciones de diseño determinadas Fig. 1.

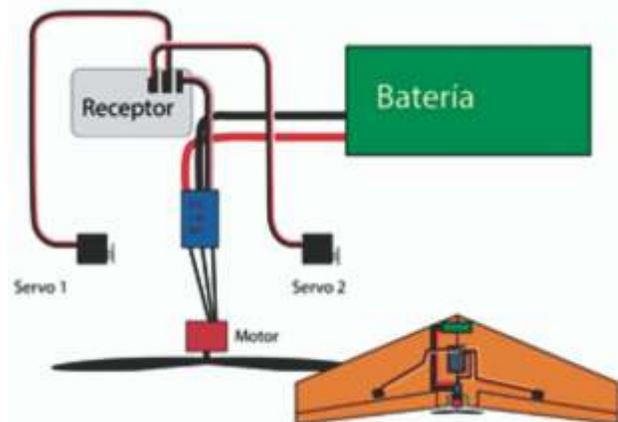
Figura 1. Diseño de la estructura del UAV (mm)



Fuente: Elaboración propia, 2023

También se realiza un esquema de la estructura y los circuitos electrónicos para un ala Zagi en la necesidad de planificar y diseñar adecuadamente la aeronave para que pueda cumplir con los objetivos y requerimientos específicos de la misión. El esquema se presenta Fig. 2, mostrando una visión general de cómo se integran los diferentes componentes en la estructura de la aeronave.

Figura 2. Integración de componentes electrónicos



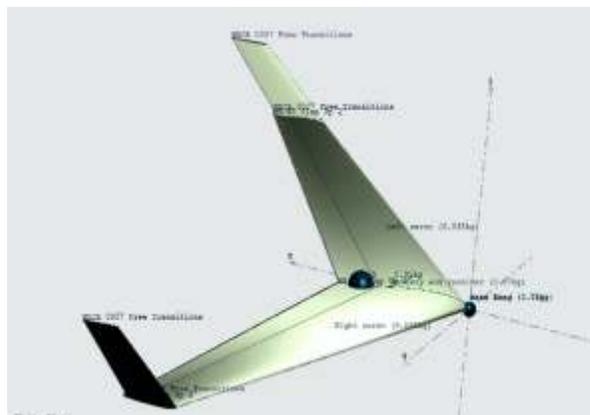
Fuente: Elaboración propia, 2023

Una vez que se tienen los elementos de hardware, se puede programar el ala Zagi utilizando el lenguaje de programación de Arduino. La programación puede incluir la configuración de los parámetros del receptor de vuelo.

B. Perfil de vuelo

Se realizó la configuración de las partes del ala con los componentes electrónicos, se suma del peso total de la aeronave (1,22 kg.), si la aeronave es demasiado pesada, es posible que no pueda volar con seguridad. Además, el peso de las piezas electrónicas puede afectar el equilibrio de la aeronave. En la Fig. 3 se hace la simulación con los respectivos pesos de cada componente para una suma total de 1,22 kg de las piezas que fueron puestas en el ala para que sean sumadas junto con el peso de la estructura.

Figura 3. Simulación de ala con peso de sistema electrónico



Fuente: Elaboración propia, 2023

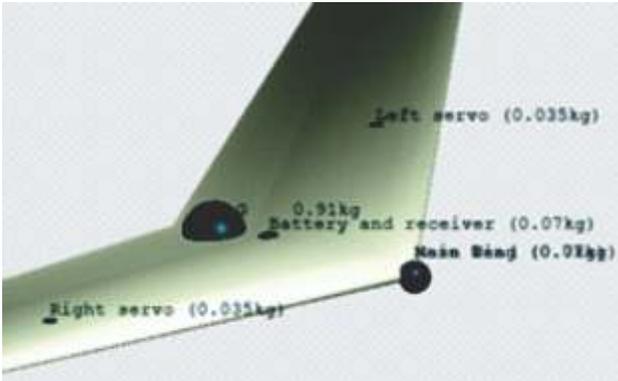
Esta información se utiliza para calcular la sustentación, la resistencia y otras fuerzas que actúan sobre la aeronave, para garantizar que sea lo suficientemente resistente para soportar las fuerzas que actúan sobre ella en vuelo.

La sección de display (Fig. 4) muestra el diseño del ala en 3D, además añadiendo el componente eléctrico el cual se va a requerir para la operación de la aeronave, da la posibilidad de especificar el peso y nombre de cada uno.





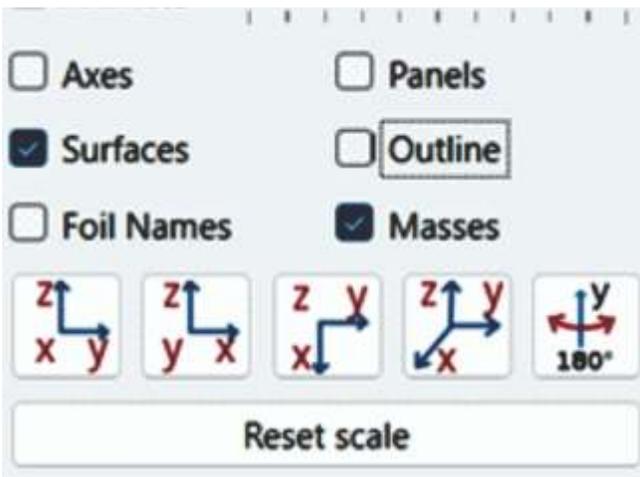
Figura 4. Sección Display



Fuente: Elaboración propia, 2023

Scale and visual orientation, Fig. 5 da las características visuales que otorga el programa para dar una orientación en 3D.

Figura 5. . Escala y orientación visual



Fuente: Elaboración propia, 2023

En las características de la envergadura, Fig. 6, se especifican las diferentes acciones de un entorno, como la velocidad del viento, la gravedad entre otras opciones.

Figura 6. Características de la envergadura

```

Type 1: Fixed speed
Vinf = 10 m/s
3D-Panels/VLM1
Using plane inertia
Mass = 0.910 kg
CoG.x = 248.9 mm
CoG.z = 3.155 mm

B.C. = Dirichlet
Analysis type = Viscous
Ref. dimensions = Projected
Ref. area = 0.420m²
Ref. span = 2000.000mm
Ref. chord = 215.791mm
Density = 1.225 kg/m³
Viscosity = 1.5e-05m²/s

Data points = 15
    
```

Fuente: Elaboración propia, 2023

En la sección de especificación de aeronaves Fig. 7, se detallan los datos de la fabricación del UAV como el nombre, peso, envergadura, tamaño de las alas, pesos a parte de la estructura, dando como resultado el porcentaje de balance en funcionamiento correcto.

Figura 7. Aircraft specification

```

Flying Wing
Wing Span = 2260.000 mm
xyProj. Span = 2000.000 mm
Wing Area = 0.445 m²
xyProj. Area = 0.420 m²
Plane Mass = 0.910 kg
Wing Load = 2.167 kg/m²
Root Chord = 300.000 mm
MAC = 215.791 mm
TipTwist = 0.000°
Aspect Ratio = 11.475
Taper Ratio = 0.267
Root-Tip Sweep = 27.769°
XNP = d(XCp.Cl)/dCl = 281.097 mm
Mesh elements = 550
    
```

Fuente: Elaboración propia, 2023



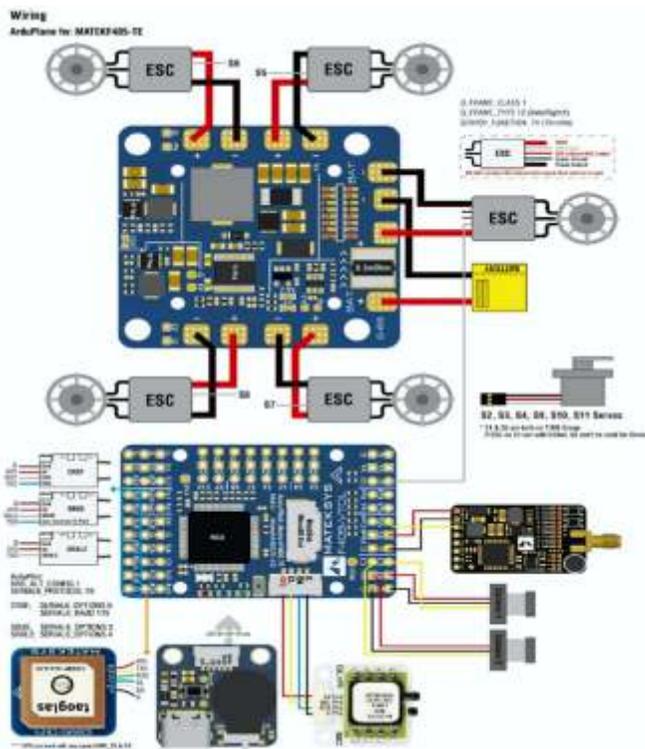


El ala fija tipo Zagi también es muy maniobrable, por su baja carga alar y su pequeño tamaño. La carga alar baja significa que el avión puede cambiar su dirección de vuelo muy rápidamente. El pequeño tamaño de la aeronave facilita la maniobra en espacios reducidos.

C Características de programación

Se agregan las características de programación Fig. 8, para programar un ala fija en Betaflight con una tarjeta Arduino.

Figura 8. Circuito electrónico completo del diseño



Fuente: Elaboración propia, 2023

Para comenzar, se instala el programa IDE de arduino con la extensión "Betaflight Configurator". Al abrir la extensión, va a la pestaña "Configuración" y ajusta los parámetros del ala fija, como el tipo de motor, la dirección de rotación y el número de servos.

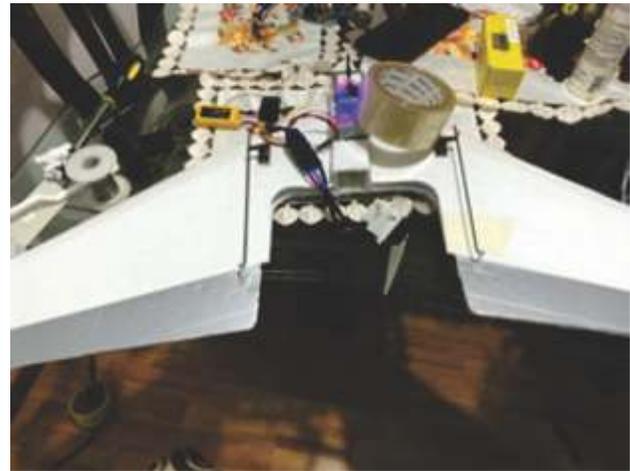
Después, se conectó la tarjeta Arduino al ala fija y encendiéndola. Finalmente, se verificó que el ala fija responda correctamente a los movimientos de los controles para verificar que todo estuviera configurado correctamente.

D. Construcción e integración de componentes

La construcción e integración de componentes utilizando láminas de cartón pluma fue un proyecto exitoso Fig. 9. El tablero de espuma foam board se cortó a medida y los componentes se ensamblaron utilizando una variedad de métodos, incluidos tornillos, pegamento y cinta adhesiva. A continuación, se integró el sistema electrónico en la estructura y se probó todo el proyecto para verificar su funcionamiento.

La integración de sistemas electrónicos en estructuras en el área central del diseño se en estructuras de tableros de espuma Fig. 9, para que sean más livianos.

Figura 9. Integración de diseño.



Fuente: Elaboración propia, 2023

El programa XFLR5 se utilizó para simular el vuelo de un ala fija tipo Zagi. Se ejecutó una simulación Fig. 10 y Figura 11. La simulación calcula las fuerzas que actúan sobre la aeronave y su movimiento en vuelo.

Figura 10. . Perfil aerodinámico del diseño

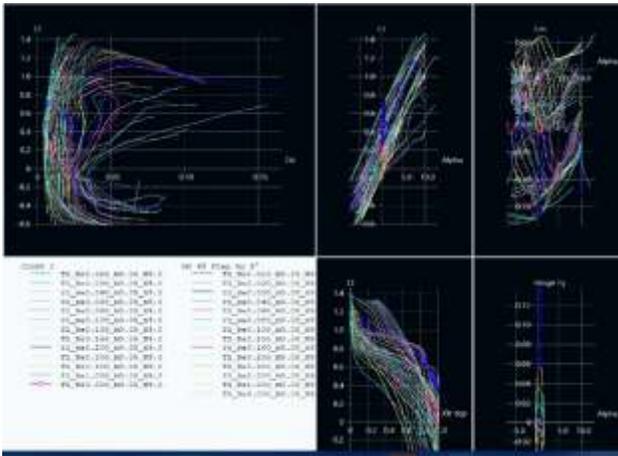


Fuente: Elaboración propia, 2023





Figura 11. Estudio de corrientes de aire



Fuente: Elaboración propia, 2023

Xfoil direct analysis es la sección del programa XFLR5 utilizado para simular las corrientes de aire que actúan sobre cada una de las superficies de la aeronave. Se muestran diferenciando los colores de las líneas que recrean el cambio de ángulo de los alerones. Se realiza este cálculo para tener un ejemplo de cómo las corrientes de aire se pueden comportar en la vida real y como puede llegar a afectar la sustentación de la aeronave

La entrega del sistema se realizó con la construcción estructural de la aeronave, la calidad de los cortes realizados ayuda a que no se presenten perturbaciones en los flujos de aire (Fig 12).

Figura 12. Ala fija tipo Zagi



Fuente: Elaboración propia, 2023

Se comprueba que el ala fija tipo Zagi es muy estable en vuelo. Esto se debe a su gran área alar 0,42 m² y su baja carga alar 1,22 kg lo que proporciona la sustentación y mantiene la aeronave estable en el aire. La carga alar baja significa que la aeronave no necesita volar muy rápido para mantener su altitud. Esto lo hace menos susceptible a las turbulencias y las ráfagas de viento. La selección de este receptor fue dada gracias a la cantidad de canales que puede dar, además de su alcance aproximado de un 1.5 km de distancia.

Como resultado final, Fig 15, se realizaron las respectivas preparaciones del aeromodelo de ala fija tipo Zagi. Para realizar las pruebas de vuelo se asegura que el modelo esté correctamente equilibrado y que los controles funcionen correctamente, que este equipado con los dispositivos de seguridad adecuados y el sistema de recuperación de línea.

Figura 13. Pruebas de vuelo



Fuente: Elaboración propia, 2023

El modelo vuela correctamente durante las pruebas de vuelo, es importante observar que se mantiene estable en las distancias cortas de 100m para las que fue diseñado y que los controles funcionan correctamente. Finalmente, en este caso se revisa que el modelo vuele a la velocidad correcta de 10 m/s.





IV. CONCLUSIONES

La aerodinámica es la ventaja principal que hace que el ala fija tipo Zagi sea ideal para aplicaciones de vigilancia y mapeo aéreo. Las aeronaves de mapeo aéreo y vigilancia deben ser estables, maniobrables y capaces de volar a una velocidad constante durante largos períodos de tiempo. El ala fija tipo Zagi cumple con todos estos requisitos. Además, el uso de materiales como el foam board desempeña un papel fundamental en la construcción de estas aeronaves. El foam board es reconocido por su combinación de ligereza y durabilidad, elementos esenciales para garantizar la estabilidad en vuelo durante extensos periodos.

En este contexto, la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) posee una valiosa capacidad para desarrollar estos aeromodelos en sus grupos de investigación. La FAC, con su experiencia en aviación y tecnología aeroespacial, y sus grupos de investigación tienen la experiencia necesaria para crear prototipos personalizados que se ajusten a las necesidades específicas de vigilancia y mapeo aéreo, maximizando la eficiencia operativa y la obtención de datos precisos.

El programa XFLR5 es un programa de software que se puede utilizar para simular el vuelo de un avión. Este programa se puede utilizar para diseñar, probar y mejorar aeronaves y analizar el peso de las piezas electrónicas ya que es un factor importante para tener en cuenta al diseñar y construir una aeronave. El peso de las partes electrónicas debe equilibrarse con los requisitos de rendimiento y seguridad de la aeronave.

Finalmente, el diseño y fabricación de una aeronave no tripulada de ala fija constituye un desafío apasionante, en el que se combinan conocimientos de aerodinámica, diseño estructural, electrónica y programación. Este proyecto aportó al avance tecnológico en el campo de los vehículos aéreos no tripulados, ofreciendo una alternativa económica y eficiente para aplicaciones específicas.

REFERENCIAS

- [1]J. Martínez, «ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES ESTRUCTURALES PARA DRONES». UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8904/tfg-mar-est.pdf?sequence=1>
- [2]V. Delgado, «Historia de los drones». El drone, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>
- [3]J. Castro, «INNOVACIÓN DE LA TECNOLOGÍA A TRAVÉS DEL USO DE AERONAVES NO TRIPULADAS». Universidad Militar Nueva Granada, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/35283/CastroBasanteJuanGuillermo2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4]J. Cabrera, «Estudio de estabilidad y control de una aeronave de ala fija». Universidad Politecnico de Madrid, 2022. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/70731/1/TFM_JUAN_DIEGO_CABRERA_MATEOS.pdf
- [5]L. Hernandez, «El diseño aerodinámico debe permitir una respuesta rápida y precisa a los comandos del piloto, y también debe proporcionar una estabilidad adecuada durante las maniobras.» Universidad Politecnica de Madrid, 2018. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/53146/1/LUIS_GARCIA_HERNANDEZ.pdf
- [6]J. Rico, «Análisis aerodinámico de perfiles alares en forma de diamante en régimen supersónico mediante CFD». Universidad de Cantabria, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/369759904.pdf>
- [7]Sanz, «Optimización Estructural y Aerodinámica de la plataforma alar de un avión UAV». Universidad carlos III de Madrid, 2016. [En línea]. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24761/TFG_Gabriel_Sanz_Senor_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8]F. Urbano, «Parámetros de diseño de una aeronave radiocontrolada». Ingenium Revista de la Facultad de Ingeniería, 2011.
- [9]D. Ñacata, «Diseño, Construcción y Pruebas de un Vehículo Aéreo No Tripulado: Mini-Piquero». Universidad San Francisco de Quito, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/160259896.pdf>





- [10]G. Solaque, «MODELADO Y CONTROL DE UN PROTOTIPO DE AERONAVE NO TRIPULADO DE ALA FIJA». Revista Politécnica ISSN 1900-2351, Volumen 10, Año 10, Número 18, páginas 93-101, 2014.
- [11]H. R. Cortes, J. Corona, y O. Guzman, «Control En Tiempo Real De La Dinámica Lateral-Direccional De Un Aeronave De Ala Fija». Congreso Nacional de Control Automático, 2017.
- [12]M. Fonseca, «INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN AUTÓNOMA Y SISTEMA DE RECONOCIMIENTO PARA UNA AERONAVE NO TRIPULADA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA DE LA CIUDAD DE AMBATO». Universidad Tecnica de Ambato, 2018. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28067/1/Tesis_t1411ec.pdf
- [13]E. Scotto, «AERODINÁMICA PARA AEROMODELOS». Gatovolante, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://gatovolante.files.wordpress.com/2015/05/aerodinamica-aeromodelos-eliseo-scotto-rev1.pdf>
- [14]J. Osorio, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO DE DESPEGUE VERTICAL Y VUELO HORIZONTAL.» Universidad Tecnologica de Pereira, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstream/a76c1ea8-03d4-4763-a06c-bcaba22b55f8/content>
- [15]R. Alvarez, «DESARROLLO DE UN VEHÍCULO AÉREO DE ALA FIJA CON CAPACIDAD DE DESPEGUE VERTICAL PARA EL TRANSPORTE DE PEQUEÑAS CARGAS». Universidad Pontifica de Comillas, 2016.
- [16]J. Bustamante, «Diseño y construcción de un avión VTOL en configuración Ducted-Fan y Tilt-Rotor». CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/2043/SSIT0015779.pdf?sequence=1&isAllowed=y>





Sistema de control para cohetes

Control System for Rockets

Valderrama Nicolás, Poveda Gustavo, Orjuela Johainer, Cárdenas Puentes Jhon Alexander, Cuevas William Alexander
Nicolas.valderrama@fac.mil.co, Gustavo.poveda@fac.mil.co,
Johainer.orjuela@fac.mil.co,
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz

RESUMEN

La presente investigación presenta los resultados obtenidos de una “asistencia de investigación”, realizada en el desarrollo de un sistema de control para cohetes impulsado por aire comprimido y tanques de agua. Este tipo de diseños no representa riesgos en su manipulación y lanzamiento, ya que la energía requerida para su funcionamiento se puede obtener simplemente aplicando presión de aire comprimido a los tanques de agua, posteriormente en la fase de vuelo, se realiza el control por medio del sistema electrónico el cual está conformado por una controladora de vuelo integrada a un módulo de GPS, que se encarga de la adquisición de los datos de vuelo y la navegación del cohete. Para el control de vuelo se incorpora un sistema electromecánico con servos de control, el cual, a través de la adquisición de los datos de vuelo, el control de las variables de velocidad longitudinal y la aceleración en los tres ejes realiza el control que se efectúa por las estimaciones de cabeceo con las aletas de control en la base del cohete, el prototipo se comunica con un operador o piloto por medio de un sistema de radio control en donde se puede monitorear la fase de vuelo.

Palabras clave: Cohete de aire, aletas, electrónica, control de vuelo, GPS.

SUMMARY

This research presents the results obtained from a research support conducted in the development of a control system for rockets powered by compressed air and water tanks. Such designs do not pose risks in handling and launching, as the required energy for their operation can be obtained simply by applying

compressed air pressure to the water tanks. Subsequently, during the flight phase, control is carried out through an electronic system consisting of a flight controller integrated with a GPS module, responsible for flight data acquisition and rocket navigation. For flight control, an electromechanical system is incorporated with control servos, which, through the acquisition of flight data, control longitudinal speed variables and acceleration along the three axes. This control is executed by pitch estimations using control fins at the rocket's base. The prototype communicates with an operator or pilot through a radio control system, allowing the monitoring of the flight phase.

keywords: Air rocket, fins, electronics, flight control, GPS.

I. INTRODUCCIÓN

Los cohetes propulsados por aire y agua son pequeños dispositivos que se pueden desarrollar como un excelente medio práctico para validar y aplicar las leyes de la física y la aerodinámica (basados en la aerodinámica en forma de flecha) propulsados por aire comprimido [1]. Básicamente constan de un tubo con aletas en un extremo y un cono en el otro. Dado que pueden alcanzar suficiente velocidad para alcanzar una altura de más de 50 metros y son fáciles de fabricar, pueden ser un excelente medio para estudiar física básica relacionada con la cinemática, dinámica y energía.

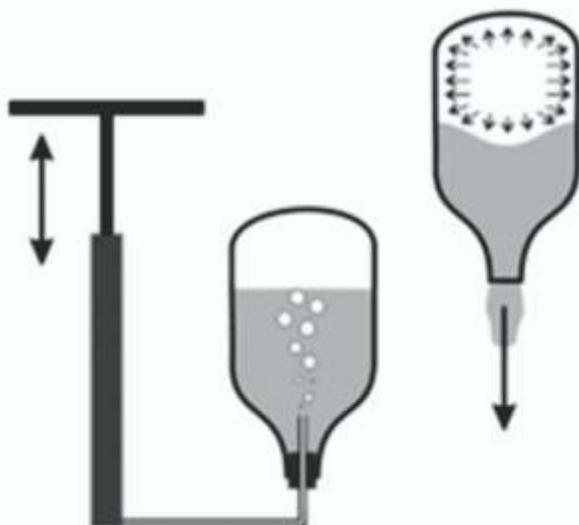
El principio para explicar el empuje de un cohete de agua es la tercera ley Newton, por





medio de la conservación del impulso o principio de acción-reacción [2]. En su versión más sencilla, un cohete de agua está hecho de una botella plástica, una bomba neumática de bicicleta, un tapón de goma y algunas tuberías como se observa en la Figura 1. La botella está llena hasta la mitad con agua y en posición invertida, el aire se empuja dentro de la botella a través de un tubo flexible que pasa por el tapón, la presión aumenta y el tapón finalmente se sale del cuello. Luego se expulsa el agua y el cohete despegue, estos cohetes pueden alcanzar una altura de decenas de metros en una fracción de segundo[3].

Figura 1. Propulsión generada por el agua y el aire



Fuente: Elaboración propia, 2023

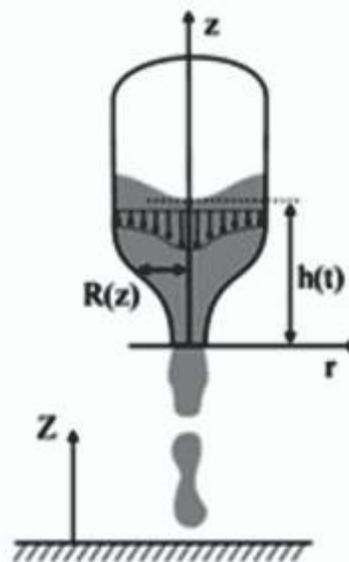
Este principio afirma que cuando no hay fuerza externa, el impulso del cohete es significativo. El sistema p , que es el producto de su masa y velocidad, es constante, o equivalente a un objeto, su derivada es 0 como se observa a continuación:

$$\frac{dp}{dt} = 0$$

En conclusión, la propulsión de un cohete de agua se puede describir esquemáticamente como un sistema en el que parte de su masa (el agua) es empujada hacia atrás, lo que provoca un empuje del sistema hacia adelante (acción-reacción), que compensa el impulso total del sistema[4]. La energía mecánica necesaria para

eliminar esa fracción de masa se almacena como energía potencial del sistema en forma de gas bajo presión como se observa en la Figura 2. En el lanzamiento, esa energía se convierte en energía cinética, la energía del agua y del movimiento del cohete.

Figura 2. Transformación de energía potencial en cinética



Fuente: Elaboración propia, 2023

El aire comprimido se expande relativamente rápido, alrededor de 0,2 s, sin permitir intercambio de calor, por lo que la expansión se puede considerar un proceso adiabático. Aplicando este conocimiento, es posible derivar una fórmula que describa la fuerza teórica que actúa sobre el agua cuando es empujada hacia afuera. (la ecuación de la boquilla de De Laval), que es tan fuerte como la fuerza de empuje del cohete, así[5]:

$$F = 2\rho r^2 P$$

Donde, F es el empuje, r el radio de boca y P la diferencia de presión entre el interior y el exterior [6]. Durante su movimiento, el cohete encuentra resistencia debido a la gravedad y la fricción del aire, dependiendo de las leyes de la dinámica de fluidos.

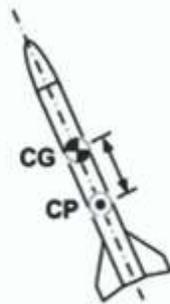
La ecuación final de esta trayectoria es muy compleja y se resuelve numéricamente mediante varios programas de simulación disponibles en Internet de forma gratuita.





La estabilidad de vuelo de un cohete está determinada por la ubicación de su centro de gravedad y la ubicación del centro de presión aerodinámica [7]. El primero siempre debe estar delante del segundo y a una distancia empíricamente considerada como óptima, y los dos, separados por aproximadamente el doble del radio del cohete [8], como se observa en la Figura 3.

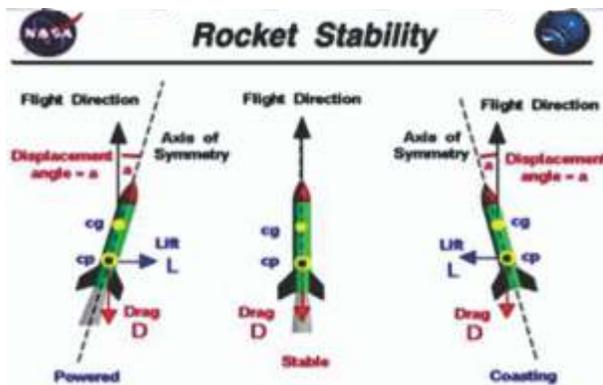
Figura 3. Centro de gravedad y centro de presiones



Fuente: Elaboración propia, 2023

Durante el vuelo, el cohete encuentra resistencia aerodinámica, lo que reduce significativamente la eficiencia. Sin embargo, una vez que se comprende cómo se mueve el aire alrededor del modelo, se puede utilizar para estabilizar el cohete con un estabilizador y aletas guía o estabilizadoras que mantienen la dirección deseada y lo hacen volar de manera controlada [9]. Para ello hay que tener en cuenta que, una vez se realiza el lanzamiento y se desprende de la plataforma, el cohete es un cuerpo libre en el espacio y debe ser estudiado desde el punto de vista del diseño estructural como se observa en la Figura 4.

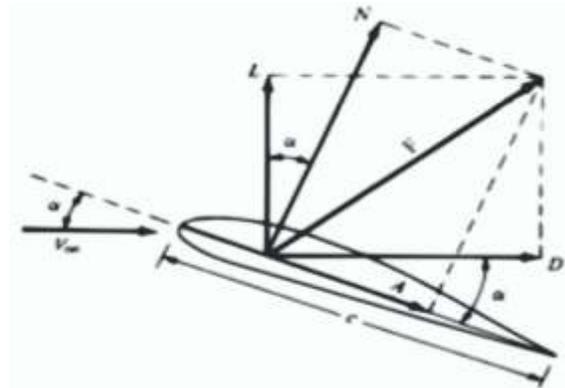
Figura 4. Estabilidad y comportamiento de vuelo del cohete



Fuente: Elaboración propia, 2023

Para el sistema de control de las aletas se debe tener en cuenta la aerodinámica que implica la forma en que el aire se mueve alrededor de un objeto (aletas de control y las fuerzas creadas por la distribución de presiones y tensiones) [9]. El mecanismo que genera fuerza sobre la superficie de un objeto que se mueve en un fluido es la distribución de presión y tensión. La presión (p) actúa perpendicular a la superficie y la fuerza cortante (τ) se aplica tangencialmente a ella. El efecto neto de estas distribuciones sobre la superficie da como resultado una fuerza aerodinámica (F) y un momento (M) sobre el cuerpo, como se observa en la Figura 5.

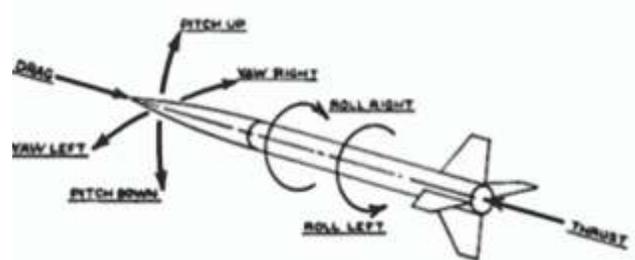
Figura 5. Comportamiento aerodinámico



Fuente: Elaboración propia, 2023

El cohete puede moverse de ocho maneras diferentes en su fase de vuelo, como se observa en la Figura 6. Cada movimiento que realiza es una combinación de una o más de ellas [10]

Figura 6. Movimiento del cohete en vuelo



Fuente: Elaboración propia, 2023

-  Empuje (thrust): generado por el motor, hace avanzar el prototipo hacia adelante.
-  Resistencia (drag): es la acción de oponerse a este movimiento y tratar de frenarlo.





-  Guiñada (yaw): Esta es la rotación de la ojiva hacia la derecha y hacia la izquierda.
-  Cabeceo (pitch): provoca la subida y bajada de la parte delantera del cohete.
-  Alabeo (roll): es un movimiento de rotación a izquierda o derecha sobre su eje longitudinal.

El movimiento del cohete puede ser causado por muchas fuerzas externas, como por ejemplo una ráfaga de viento, aletas desalineadas, empuje excéntrico en la propulsión o asimetría en el diseño. Estas fuerzas pueden hacer que el modelo gire, cambiando el centro de gravedad, incluso cambie su dirección de vuelo. generando una nueva trayectoria [11].

Muchos cohetes poseen un sistema de control electrónico para detectar la rotación en los ejes de cabeceo y guiñada, por medio de giroscopios y diferentes sensores que en algunos casos están incorporados en tarjetas de control o computadoras de vuelo para el control de la actitud y el rumbo [11].

Las aletas del cohete permiten el control y la dirección por medio de la compensación de las perturbaciones rotacionales de cabeceo y guiñada, generando un movimiento de desplazamiento del aire creado por el impacto de la corriente de aire con un ángulo de ataque [12].

II. METODOLOGÍA

El diseño propuesto está basado en la metodología de ingeniería de detalles, en el cual se emplea un enfoque mixto en la recolección de datos y el análisis de la información, donde se realiza la fase de análisis de ingeniería correspondiente a desarrollos e investigaciones previas (estado del arte) las cuales son la base de la presente investigación, recopilando la información correspondiente a especificaciones técnicas, configuración del sistema de control para cohetes y posteriormente la creación de la base de datos [13]. Por otra parte, se tiene un alcance explicativo, identificando el fenómeno físico del proceso y relacionando las variables de la fuerza de empuje contra el desplazamiento ejercido por el cohete.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente fase se desarrolla el diseño preliminar del prototipo PDR y se establecen los criterios de operación, configuración de materiales a integrar para su funcionamiento, diseño preliminar del prototipo del banco de pruebas (electrónico y mecánico). Esta fase se divide en tres partes:

A. Selección de material

En la selección de material se tiene en cuenta, tanto la parte mecánica como la electrónica, las cuales son descritas a continuación.

Para la parte mecánica es necesario contar con aletas estabilizadoras y de control, para esto se seleccionó como material el PLA y se realizaron en impresión 3D. Se seleccionó el PLA porque es un biopolímero dimensionalmente estable, ideal para las pruebas, fácil de conseguir y económico; se consigue en forma de filamento PLA para impresoras 3D [14].

En la parte electrónica se emplearon los servos FUTABA S3102, teniendo en cuenta que es un servo de engranaje metálico, microanalógico como se observa en la Figura 7, con una velocidad de operación de 0,25 seg a 60°, con una operación a 4,8VDC, una torsión de 3,7 kgf/cm a 4,8 VDC y un peso de 21 gramos [15]. Siendo sus características las que lo hacen un componente ideal para el control y desplazamiento de las aletas de control.

Figura 7. Servo FUTABA S3102



Fuente: Elaboración propia, 2023





Este servo se integra por medio de un radio receptor del tipo AFHDS2A de 2,4 GHz fiable y sin interferencias como se observa en la Figura 8. Siendo el transmisor Flysky i4 i6 i10 compatible con receptor de 6 canales, receptor digital, rendimiento rápido y extremadamente estable, cuenta con un diseño ultraligero y fácil de unir y de enlace muy rápido. Dentro de sus características técnicas están, 6 canales, rango de frecuencia 2.4 a 2.48 GHz, ancho de banda 140 MHz y potencia de transmisión de no más de 20 dBm[16].

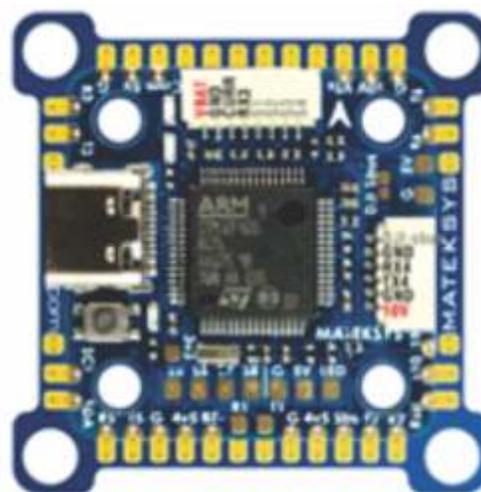
Figura 8. Receptor AFHDS2A



Fuente: Elaboración propia, 2023

La controladora de vuelo empleada es la MATEKSYS F405-MiniTE como se observa en la Figura 9. Teniendo en cuenta que esta controladora permite la integración de 8 motores o 6 motores + 2 servos, F405-miniTE admite 8 motores + 3 servos en el mezclador multirotor INAV/BF; el objetivo rediseñado MATEKF405TE admite DSHOT bidireccional 8x. Admite unidad aérea DJI PnP y un BEC de 10 V para DJI OSD o VTX analógico, F405 Mini tiene una memoria flash de 1 MB que se puede ejecutar con ArduPilot. Montaje convertible de 20 mm a 30,5 mm, InvenSense GEN3 IMU ICM42605 [17].

Figura 9. MATEK F405



Fuente: Elaboración propia, 2023

Esta controladora de vuelo requiere la integración de un módulo GPS, por lo cual se selecciona el MATEKSYS SAM-M8Q el cual se observa en la Figura 10, con tecnología de receptor GLONASS, Galileo, QZSS y SBAS y antena micro patch incorporada. Para sus sistemas UAV, Robots, RC, FPV.

Figura 10. GPSSAM-M8Q



Fuente: Elaboración propia, 2023

El módulo GPSSAM-M8Q cuenta con las siguientes especificaciones técnicas, GPS con motor M8 de 72 canales L1C/A, SBAS L1C/A, QZSS L1C/A, QZSS L1 SAIF, GLONASS L1OF, Galileo E1B/C, alta precisión gracias a la recepción simultánea de hasta 3 GNSS (GPS, Galileo, GLONASS), regulador de voltaje de 3,3 V de ruido ultra bajo integrado y filtro RF para bloqueo de ruido, cuenta con un LNA frontal adicional para un rendimiento optimizado y un filtro SAW frontal para una mayor inmunidad a interferencias[17].

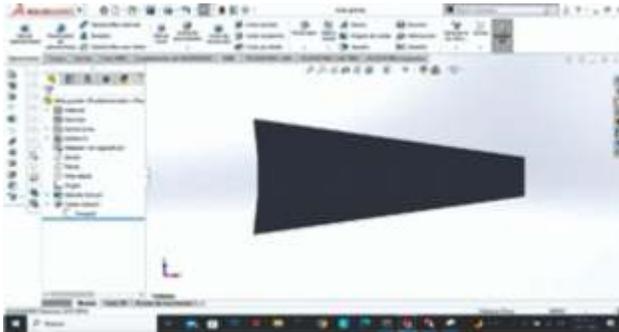




B. Diseño e integración

Para el diseño se empleó el software de SOLIDWORDS, en el cual se diseñaron las aletas de control y estabilidad como se observa en la Figura 11.

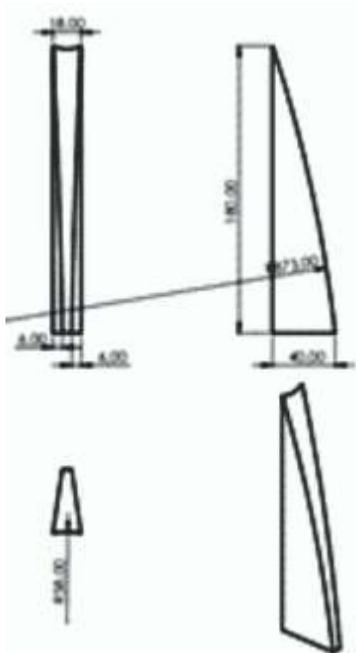
Figura 11. Aletas de control



Fuente: Elaboración propia, 2023

El diseño está basado en un perfil aerodinámico proporcional a la altura y radio del cohete como lo describe [11], la altura es de 180 mm y el ancho de 40 mm como se observa en la Figura 12.

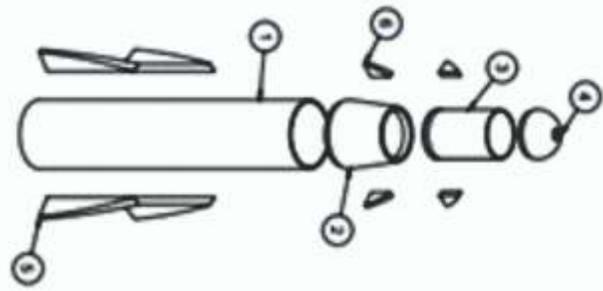
Figura 12. Planos de las aletas de control y estabilidad



Fuente: Elaboración propia, 2023

Estas aletas están integradas en la parte inferior con el servo FUTABA con un ángulo de control de 30° de giro a la izquierda y 30° de giro a la derecha como se observa en la Figura 13.

Figura 13. Ensamble cohete

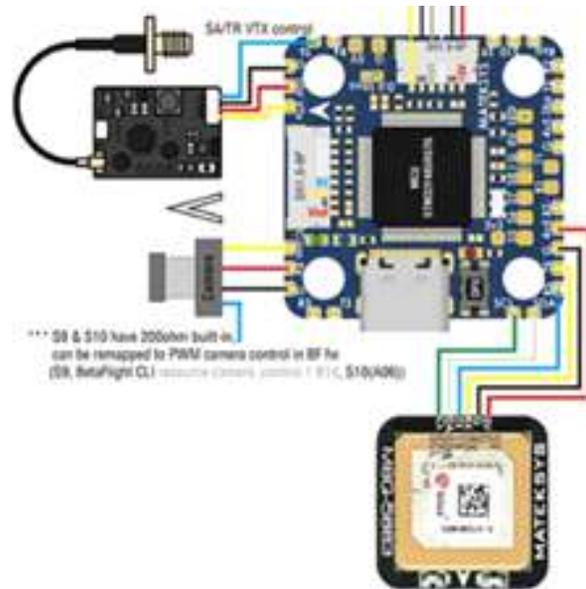


Fuente: Elaboración propia, 2023

C. Validación

En esta fase se realiza la integración de la controladora de vuelo con el GPS como se observa en la Figura 14. Para esto se emplean los diagramas de conexión suministrados por el proveedor[18].

Figura 14. Validación de integración



Fuente: Elaboración propia, 2023

Adicionalmente se realiza la configuración y validación de software Ardupilot el cual está incluido con la controladora de vuelo, se realiza la validación de los parámetros funcionales como se observa en la Figura 15.





Figura 15. Validación de configuración

Componente	Config. Controlador	Control de	Transmisión Control	Servos Digital	Hardware
USB XCF	115208	300	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO
UART1	115208	300	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO
UART2	115208	300	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO
UART3	115208	300	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO
UART4	115208	300	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO
UART5	115208	300	Disabled • AUTO	GPS • AUTO	Disabled • AUTO
UART6	115208	300	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO	RTX IBC Star • AUTO
SOFTWARE	115208	300	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO	Disabled • AUTO

Fuente: Elaboración propia, 2023

Por último, se configura el receptor AFHDS2A de 2,4 GHz con los servos FUTABA para el control automático y semi-automático con la controladora de vuelo; para el modo manual queda con el receptor.

Para el prototipo del sistema de control de vuelo del cohete se tiene un sistema de control en tres modos como son:

Automático, donde la controladora de vuelo es programada con la trayectoria y los sensores de aceleración, altímetro y posición corregido por GPS, tenemos el control total por desviaciones o corrientes de viento de forma autónoma garantizando un vuelo controlado y con la adquisición de datos y transmisión en tiempo real al operador en tierra.

Semiautomático, la controladora envía la información de los parámetros de vuelo en tiempo real, permitiendo el control del operador y tomando decisiones asignadas y programadas previamente.

Manual, en este modo, el operador tiene el control total de la fase de vuelo por medio de la visualización de los datos de vuelo suministrados por la controladora y requiere el radio control para esta función.

IV. CONCLUSIONES

Durante el transcurso del desarrollo de la asistencia de investigación presentada anteriormente, se observó que las ciencias aplicadas a los fenómenos de vuelo de las aeronaves y los cohetes, son muy similares permitiéndonos aplicar los conocimientos adquiridos en la Escuela de Suboficiales FAC.

Es de resaltar la complejidad en la configuración, validación e integración de la controladora de vuelo, debido a la gran cantidad de parámetros para tener en cuenta y los rangos de valores que pueden tomar. Gracias a la asesoría del director de la investigación se logró realizar la configuración de la controladora de vuelo en los tres modos de operación.

Para concluir la investigación se ha ejecutado un modelo creado en su totalidad por el personal de la ESUFA con materiales de fácil adquisición y diseños 3D propios permitiendo ampliar los conocimientos en cohetes y aprender de su funcionamiento.

REFERENCIAS

[1]A. ACEMA, «ACEMA ES SINONIMO DE COHETERIA EXPERIMENTAL», 2010. <http://www.acema.com.ar/> (accedido 9 de mayo de 2023).

[2]C. J. Gommès, «A more thorough analysis of water rockets: Moist adiabats, transient flows, and inertial forces in a soda bottle», American Journal of Physics, vol. 78, n.o 3, pp. 236-243, mar. 2010, doi: 10.1119/1.3257702.

[3]«Aprende sobre cohetes y lanzamientos», National Geographic, 7 de enero de 2019. <https://www.nationalgeographicla.com/espacio/2019/01/aprende-sobre-cohetes-y-lanzamientos> (accedido 20 de abril de 2023).

[4]«proyectoCOHETE_DE_AGUA.pdf». Accedido: 9 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/sitio/upload/proyectoCOHETE_DE_AGUA.pdf

[5]J. S. S. Ortiz y D. R. Suarez, «ENSAMBLE, PUESTA A PUNTO Y LANZAMIENTO DEL COHETE MULTIETAPA AINKAA ALPHA DE ALCANCE ESTRATOSFÉRICO», 2018.





- [6] W. Moebs, S. J. Ling, J. Sanny, W. Moebs, S. J. Ling, y J. Sanny, «9.7 Propulsión de cohetes - Física universitaria volumen 1 | OpenStax», 28 de septiembre de 2021. <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/9-7-propulsion-de-cohetes> (accedido 25 de agosto de 2023).
- [7] A. Romanelli, I. Bove, y F. G. Madina, «Air expansion in the water rocket», *American Journal of Physics*, vol. 81, n.o 10, pp. 762-766, oct. 2013, doi: 10.1119/1.4811116.
- [8] «PROYECTO COHETERÍA HIDRÁULICA | wilomopi». <https://wilomopi.wordpress.com/proyecto/> (accedido 25 de agosto de 2023).
- [9] «HSR_38.pdf». Accedido: 25 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.esa.int/esapub/hsr/HSR_38.pdf
- [10] «Handbook of Model Rocketry, 7th Edition | Wiley», Wiley.com. <https://www.wiley.com/en-us/Handbook+of+Model+Rocketry%2C+7th+Edition-p-9780471472421> (accedido 25 de agosto de 2023).
- [11] S. Niskanen, «Development of an Open Source model rocket simulation software».
- [12] C. D. Babb y D. E. Fuller, «Static stability investigation of a sounding-rocket vehicle at mach numbers from 1.50 to 4.63».
- [13] «PEI ESUFA.pdf». Accedido: 21 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.esufa.edu.co/sites/esufa/files/PDF%20ESUFA/PEI%20ESUFA.pdf>
- [14] «Filamento PLA: historia y características», Interempresas. <https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/354074-Filamento-PLA-historia-y-caracteristicas.html> (accedido 27 de agosto de 2023).
- [15] «S3102», FutabaUSA. <https://futabausa.com/product/s3102/> (accedido 27 de agosto de 2023).
- [16] «FlySky AFHDS 2A - MULTI-Module Documentation». <https://www.multi-module.org/using-the-module/protocol-details/flysky-afhds2a> (accedido 27 de agosto de 2023).
- [17] «MATEKSYS SAM-M8Q GPS Module», www.getfpv.com. <https://www.getfpv.com/matek-ublox-sam-m8q-gps-module.html> (accedido 25 de agosto de 2023).
- [18] «Firmware ArduPilot: /Plane/latest/Matek F405-TE». <https://firmware.ardupilot.org/Plane/latest/MatekF405-TE/> (accedido 27 de agosto de 2023).





Implementación y digitalización banco de instrumentos aeronáuticos

Implementation and Digitization of the Aeronautical Instruments Bank

AT Blandón Quiceno Nulberth Franzua, AT Cepeda Anderson Felipe,
AT Castro Peralta Juan David, AT Bernal Ramírez Santiago Andres
Nulberth.blandon@fac.mil.co, Felipe.cepeda@fac.mil.co,
Juan.Castro@fac.mil.co, Santiago.bernal@fac.mil.co,
Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz

RESUMEN

El Comando Aéreo de Mantenimiento es el encargado de brindar apoyo logístico a las diferentes flotas de la Fuerza Aeroespacial Colombiana por medio del Grupo Logístico Aeronáutico, GRULA. En la búsqueda de solución a los diferentes problemas que presentan las aeronaves en relación con el sistema de instrumentos aeronáuticos, se requiere implementar un banco de pruebas que facilite la reparación de estos en el menor tiempo posible, buscando el apoyo de una buena planeación por parte de las Unidades, a través del Plan Maestro de Producción (PMP), el cual ha permitido desde su implementación, reducir los tiempos de respuesta de la logística, al contar con una planeación previa a su ejecución, agilizando la adquisición de repuestos y la programación de los trabajos en los talleres.

Cabe resaltar que en la actualidad se cuenta con sistemas análogos en las estaciones reparadoras que llevan más de 45 años sin hacerles una actualización, por ende, su funcionamiento es casi obsoleto, causando traumatismo al momento de realizar pruebas funcionales de los componentes que llegan a este lugar.

Palabras clave: Amperaje, Software, Conductividad, microcontroladores, Circuitos.

SUMARY

The Air Maintenance Command is responsible for providing logistical support to the various fleets of the Colombian Aerospace Force through the Aeronautical Logistics Group, GRULA.

In addressing the different issues faced by aircraft regarding the aeronautical instrument system, there's a need to implement a test bench that facilitates the repair of these instruments in the shortest possible time. This initiative seeks support through effective planning from the Units, using the Master Production Plan (MPP), which, since its implementation, has reduced logistics response times. This is achieved by having pre-execution planning, expediting spare parts procurement, and scheduling workshop tasks.

It's worth noting that currently, there are analog systems in the repair stations that have gone without updates for over 45 years, rendering their operation almost obsolete. This outdated functionality causes difficulties when conducting functional tests on the components brought to these stations.

Keywords: Amperage, Software, Conductivity, Microcontrollers, Circuits.

I. INTRODUCCIÓN

Las reparaciones y mantenimiento de los componentes aeronáuticos, como los instrumentos del motor, requieren inspecciones rigurosas con el objetivo de buscar fallas, hallazgos, daños y demás aspectos que ponen en riesgo las aeronaves al momento de estar operando. Actualmente es necesario entender el papel fundamental de la tecnología en el campo aeronáutico.

El Comando Aéreo de Mantenimiento cuya misión es realizar las inspecciones mayores y reparaciones de los componentes aeronáuticos





de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, cuenta con equipos reparadores análogos y sistemas bastante antiguos, generando mayor tiempo de entrega de los elementos a las demás dependencias, postergación en cuanto a verificación del estado de componentes, falta de mejoras en accionamiento Human - Machine Interface de los mismos, tales como el software que permite la comunicación e información de los procedimientos, haciendo más complejas las actividades diarias de reparación. Teniendo en cuenta lo anterior, se busca implementar gracias a los avances tecnológicos, un sistema eléctrico que alimente, administre y provea mediante un inversor, el voltaje suficiente para un banco de pruebas digitalizado, capaz de ayudar a reparar instrumentos de motor en lapsos cortos de tiempo, controlar voltajes, verificar estado de componentes, y demás procesos en pro de generar avances satisfactorios reemplazando los antiguos bancos análogos del taller de instrumentos del CAMAN.

II. METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

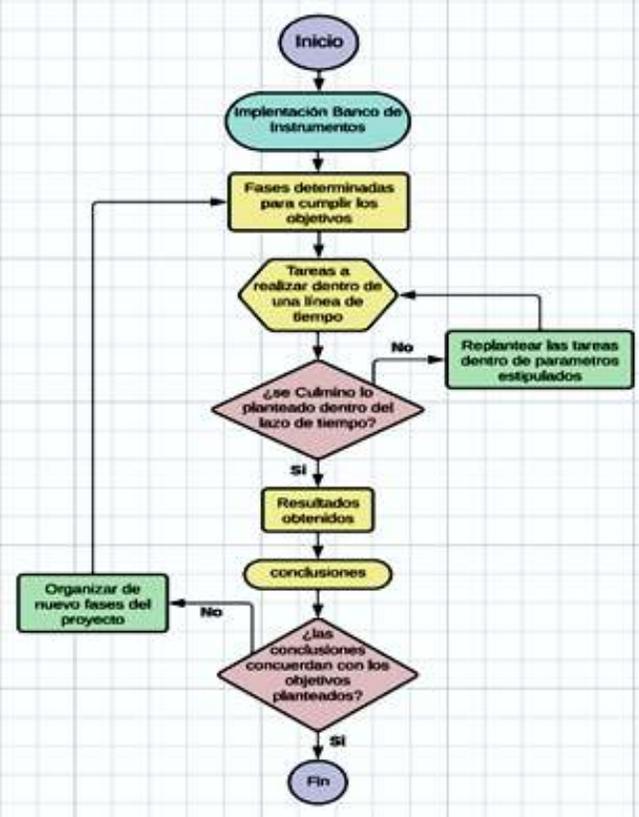
Este trabajo partirá de una práctica productiva, donde cada integrante desarrollará un sistema de trabajo bajo las necesidades anteriormente descritas, en este caso ejecutando la implementación de un sistema eléctrico de voltaje AC - DC, que alimente proporcionalmente el equipo, mediante un cronograma específico que resalta paso a paso las tareas formuladas dentro del taller de instrumentos en el Comando Aéreo de Mantenimiento, adquiriendo también el conocimiento necesario para entender y plasmar en el proceso final, un banco de pruebas moderno para la reparación y calibración de instrumentos aeronáuticos de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

Se busca entonces, dar solución a esta falencia que actualmente tiene el CAMAN con respecto a la reparación de los equipos instrumentos de vuelo de las aeronaves y se convierta en una iniciativa de mejora en el trabajo, entendiendo la importancia que tiene la reparación de estos equipos en el menor tiempo posible y así no

afectar la misión de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

Para ello es necesario contar con un sistema eléctrico controlado mediante un software que subsane los anteriores procesos dentro del banco, de manera que se aproveche la mano de obra del personal de que se dispone, buscando usar su conocimiento y capacidades. Este banco se utilizaría para poder agilizar todos los procesos de reparación de cada uno de los instrumentos y así evitar tener tiempos muertos en cada fase de trabajo, con esto se justificaría el desarrollo del banco dando mejores resultados a la hora de realizar los trabajos.

Figura 1. Diagrama de procesos sobre la planificación y el cumplimiento de tareas y fases



Fuente: Elaboración propia, 2023

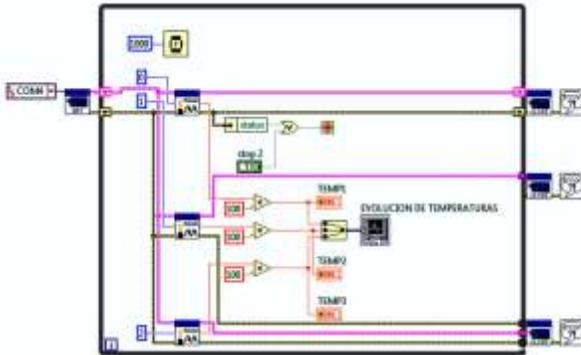
A. Software

El software es un conjunto de reglas o programas que dan instrucciones a un ordenador para que realice tareas específicas. También se conoce como aplicaciones, paquetes, herramientas o programas. El software puede utilizarse para gestionar datos, automatizar procesos y crear aplicaciones o productos informáticos.





Figura 2. Diseño del programa en el software LabVIEW para lectura de los sensores LM35 a través de una tarjeta Arduino Uno



Fuente: Researchgate s.f.

B. Instrumentos básicos

Instrumentos de motor

En un motor de pistón GMP, la presión de admisión en el colector indica la presión de la mezcla de aire y combustible en los tubos de admisión. Es una indicación de la potencia desarrollada por el motor.

Una esfera analógica del instrumento indicador de la presión del colector calibrada en pulgadas de mercurio. (lavionnarire, s.f.)

Figura 3. Manifold press



Fuente: Ferpilot s.f.

Tacómetro

El tacómetro es un instrumento que indica la velocidad del cigüeñal de un motor alternativo. Puede ser un instrumento de indicación directa o remota, con el dial calibrado para indicar el número de revoluciones por minuto (rpm). En los motores de pistón, el tacómetro se utiliza para controlar la potencia del motor y asegurar que el motor está funcionando dentro de los límites certificados. (lavionnarire, s.f.)

Figura 4. Tacómetro



Fuente: Aeroplans s.f.

Medidores de flujo de combustible

Un medidor de flujo de combustible indica el consumo de combustible de un motor en tiempo real. Esto es útil para que el piloto compruebe el rendimiento del motor y para hacer los cálculos de planificación de vuelo. Los tipos de medidores de flujo de combustible utilizados en una aeronave dependen principalmente del motor utilizado y del sistema de combustible asociado. (lavionnarire, s.f.)

Un medidor de flujo de combustible de tipo paleta. Un mayor volumen de flujo aumenta la deflexión de la paleta contra un resorte calibrado. Un transmisor autosyn reproduce la rotación del eje de la paleta en el indicador de la cabina que se calibra en galones o libras de flujo de combustible por hora. (lavionnarire, s.f.)

Figura 5. Fuel Flow



Fuente: Expo s.f.

Engine Oil Pressure Indicator

Para protección contra fallas del motor que resulten por una lubricación y/o enfriamiento inadecuados de las diversas partes del motor, se debe monitorear el suministro de aceite a las áreas críticas. El indicador de presión de aceite generalmente muestra la presión de descarga de la bomba de aceite del motor. (aviación, s.f.)





Figura 6. Oil pressure



Fuente: aviasport s.f.

Indicador de temperatura del aceite del motor

La capacidad del aceite del motor para lubricar y enfriar depende de la temperatura y cantidad de aceite suministrado a las áreas críticas. Con frecuencia se proporciona un indicador de temperatura de entrada de aceite para mostrar la temperatura del aceite a medida que ingresa a la bomba de presión de aceite. La temperatura de entrada del aceite también es una indicación del funcionamiento adecuado del enfriador de aceite del motor. (aviación, s.f.)

Figura 7. Oil temp



Fuente: expo s.f.

C. Eficiencia Laboral

Cuando se habla de eficiencia laboral, se hace referencia a la capacidad que tiene un equipo de trabajo para cumplir con las tareas que le fueron asignadas en la menor cantidad de tiempo y con el menor consumo de recursos posible. Según BambooHR, la eficiencia laboral trata de ayudar a que los trabajadores cumplan con sus tareas de forma inteligente, sin que eso implique que deban trabajar más. En pocas palabras, es optimizar el tiempo que se tiene para hacer mejor las cosas.

Figura 8. Electrónica Aeronáutica enfocada a la eficiencia



Fuente: ESUFA

Precisamente estos son los elementos que las personas suelen identificar en la definición de eficiencia. la capacidad de lograr resultados positivos y de administrar los recursos de forma inteligente. (Future people, s.f.)

d. Multímetro

Un multímetro digital (DMM) es una herramienta de prueba usada para medir dos o más valores eléctricos, principalmente tensión (voltios), corriente (amperios) y resistencia (ohmios). Es una herramienta de diagnóstico estándar para los técnicos de las industrias eléctricas y electrónicas. Los multímetros digitales combinan la capacidad de prueba de los medidores unifuncionales, el voltímetro (voltios), el amperímetro (amperios) y el ohmímetro (ohmios). Generalmente tienen características adicionales especializadas u opciones avanzadas. Por lo tanto, los técnicos con necesidades específicas pueden buscar un modelo destinado a tareas particulares. (Fluke, s.f.)

Figura 9. Escala y funcionamiento de multímetro



Fuente: Reparaciones, s.f.



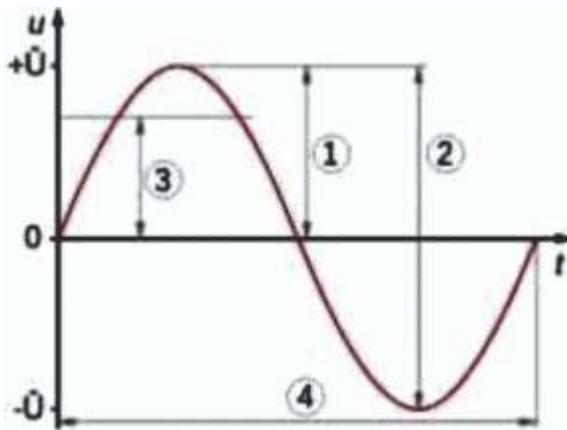


E. Voltaje AC

La corriente alterna (CA) es un tipo de corriente eléctrica que cambia a lo largo del tiempo. La variación puede ser en intensidad de corriente o en sentido a intervalos regulares. El voltaje varía entre los valores máximo y mínimo de manera cíclica. El voltaje es positivo la mitad del tiempo y negativo la otra mitad. Esto significa que la mitad del tiempo la corriente circula en un sentido y, la otra mitad en sentido opuesto. (Energía Solar, s.f.)

La forma más habitual de la ondulación sigue una función trigonométrica tipo seno. Esta es la forma más eficiente y práctica de producir energía eléctrica mediante alternadores. Sin embargo, hay ciertas aplicaciones en las que se utilizan otras formas de onda, como la onda cuadrada o la onda triangular. (Energía Solar, s.f.)

Figura 10. Grafica voltaje AC



Fuente: electrónica, monografías, s.f.

F. Voltaje DC

La corriente continua es un poco más fácil de entender que la corriente alterna. En lugar de oscilar de un lado a otro, la CC proporciona una tensión o corriente constante. (MCI, s.f.)

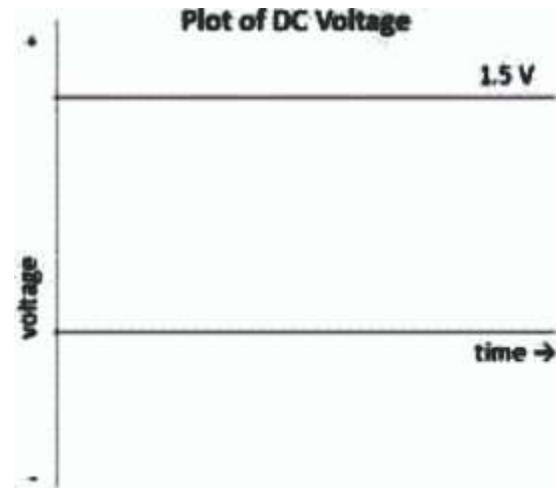
Generación de corriente continua

La corriente continua puede generarse de varias maneras:

✈ Un generador de CA equipado con un dispositivo llamado “conmutador” puede producir corriente continua utilizando un dispositivo llamado “rectificador” que convierte la CA en CC

✈ Las baterías proporcionan corriente continua, que se genera a partir de una reacción química en el interior de la batería (MCI, s.f.)

Figura 11. Grafica voltaje DC



Fuente: electrónica, monografías, s.f.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al identificar el problema, se evidencia que el tiempo en realizar las correcciones y reparaciones no son óptimos, ya que los equipos con los que cuenta la Fuerza Aeroespacial en el Comando Aéreo de Mantenimiento (CAMAN), son análogos y su distribución en el sistema de calibración no es el mejor. Es así como, ante la falta de modernización en los bancos de pruebas y reparación de instrumentos de vuelo, nuestro equipo de trabajo en la búsqueda de desarrollar y renovar estos equipos, cobra relevancia al implementar una automatización que ofrece realizar trabajos de una manera más eficaz, dando como resultado un desarrollo en la tecnología aeronáutica que impacta de manera positiva el poder de reparación dentro de la institución, reduciendo costos al reducir la subcontratación con entes externos para dichas reparaciones y calibraciones, además disminuyendo los tiempos de reparación.





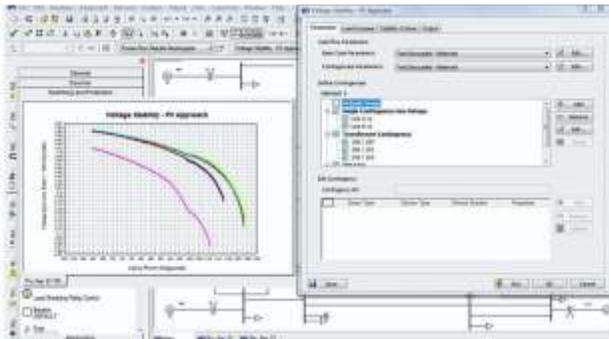
Figura 12. Sistema Eléctrico



Fuente: Elaboración propia.

Para ello es necesario contar con un sistema eléctrico controlado mediante un software que subsane los anteriores procesos dentro del banco, de manera que se aproveche la mano de obra del personal que se dispone para trabajar en el banco, usando su conocimiento y capacidades. Este banco se utilizaría para poder agilizar todos los procesos de reparación de cada uno de los instrumentos, evitando los tiempos muertos en cada fase de trabajo.

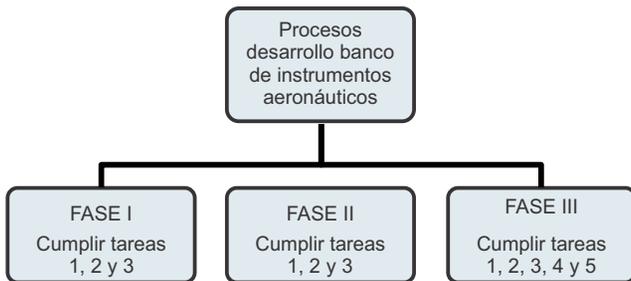
Figura 13. Análisis de estabilidad de voltaje



Fuente: industria – FOTH

A. Actividades Realizadas

Figura 14. Proceso desarrollo organizado en fases y tareas



Fuente: Elaboración propia.

Durante el proceso de nuestras fases en sincronización al énfasis con la estructuración del banco de pruebas de instrumentos, desarrollamos unas tareas específicas con las características de los instrumentos de vuelo para seleccionar la información de mayor impacto y así mejorar el software para la reparación de los componentes según las necesidades del taller reparador.

Tabla 1 organización cronológica fases - tareas

ACTIVIDAD	SEMANAS																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
FASE 1																					
TAREA 1																					
TAREA 2																					
TAREA 3																					
FASE 2																					
TAREA 1																					
TAREA 2																					
TAREA 3																					
FASE 3																					
TAREA 1																					
TAREA 2																					
TAREA 3																					
TAREA 4																					
TAREA 5																					

Nota: Cronograma organizacional donde se distribuyen las tareas en relación con las fases, dentro de una línea de tiempo en cuanto a semanas

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que es de suma importancia la realización del programa de LABVIEW que permita obtener una interfaz usando las diferentes herramientas con el fin de facilitar el hallazgo de fallas en los componentes.

Finalmente implementar ajustes y posición del cableado en el banco de pruebas para tener una mejor distribución y alimentación en todo el equipo, para así mismo poder efectuar las pruebas necesarias con instrumentos aeronáuticos con el fin verificar su correcto funcionamiento y la facilidad a la hora de operar el banco.

A continuación, se distribuyen las tareas específicas con relación a los procesos y el personal involucrado, generando una proporción entre las tareas y el tiempo planificado





Tabla 2. Tareas específicas en relación a las Fases

Proceso	Tareas específicas	Personal involucrado
FASE I	Adquirir de los manuales correspondientes la información adecuada para así tener un soporte y guía de cómo se puede hacer un correcto mantenimiento en el sistema eléctrico del banco de instrumentos.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Verificar cuales son las fallas frecuentes en los sistemas eléctricos del banco para así poder dar soluciones establecidas dependiendo de la falla.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Instruirse en conexiones eléctricas para el desarrollo del banco.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
FASE II	Analizar simbología electrónica de placas.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Instruirse en lenguaje de programación LabVIEW	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
FASE III	Diseñar sistemas de cableado y componentes eléctricos del banco.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Desensamble del banco, recolección de pintura y remodelación eléctrica.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Comprobación del cableado eléctrico, conexiones, empalmes y acoples.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Verificación del voltaje y alimentación eléctrica necesaria para el funcionamiento del banco.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Realizar pruebas con un instrumento de motor para validar funcionamiento.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago
	Hacer calibraciones si son Necesarias.	TI. Corbea Goveaux AT. Blasquez Walbert AT. Cepeda Anderson AT. Castro Juan AT. Bernal Santiago

Nota: Simplificación de cada tarea con relación a las fases anteriormente descritas, proyectando cada proceso y personal involucrado

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Diagrama desarrollo Fase I



Fuente:Elaboración propia

Adquisición de los manuales correspondientes la información adecuada para tener un soporte y guía de cómo se puede hacer un correcto mantenimiento en el sistema eléctrico del banco de instrumentos.

Figura 16. Visualización de manuales y equipos especializados



Fuente: Caman 2023

Verificar cuales son las fallas frecuentes en los sistemas eléctricos del banco, tales como subidas de tensión, averías en el termo eléctrico, problemas con los cables de distribución, pérdida de aislamiento y Cortocircuitos, para así poder dar soluciones preestablecidas dependiendo de la falla.

Figura 17. Observando y verificando fallas y componentes dañados



Fuente: Caman 2023

Instruirse en conexiones eléctricas para el desarrollo del banco, tipología de cableado, además del propósito y la necesidad de contar con un buen sistema eléctrico, y nivel de calidad en cuanto a material del cableado y demás.

Figura 18. Observando y probando voltaje de Cableado



Fuente: Caman 2023





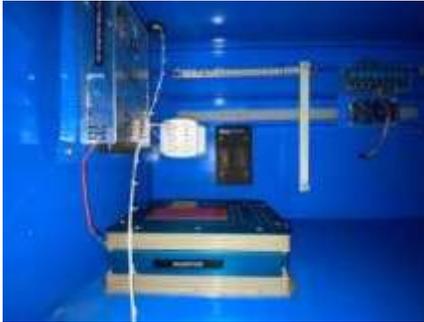
Se puede observar la gran diferencia en cuanto a la conexión antigua con sus respectivos enrutajes, acoples y demás, con las nuevas conexiones y sus respectivos adaptadores y sistemas necesarios para el funcionamiento correcto del mismo.

Figura 19. Antiguas Conexiones Eléctricas



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Nuevas Conexiones Eléctricas



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Diagrama desarrollo Fase II

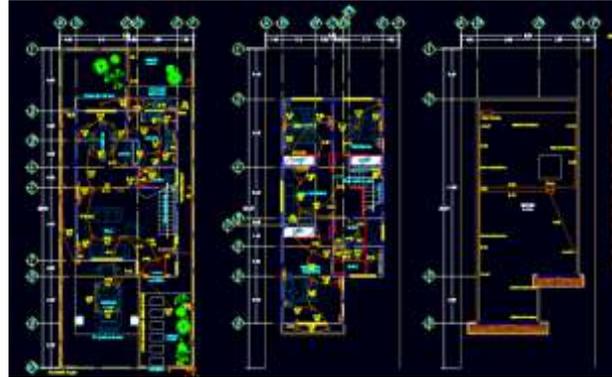


Fuente: Elaboración propia

Analizar la simbología electrónica de planos cuyo objetivo es rediseñar y agregar un sistema eléctrico controlado mediante un software que subsane las dificultades a la hora de trabajar con cada instrumento de vuelo y así realizar pruebas

de funcionamiento de una manera rápida y efectiva dando mejores resultados a la hora de la producción del taller, beneficiando de manera positiva la misión de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

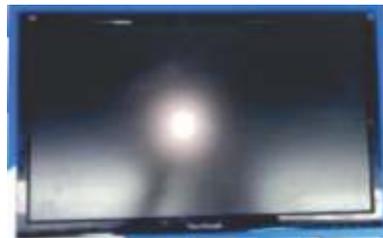
Figura 22. Planos Eléctricos AutoCad



Fuente: Hotmart, 2020

Instruirse en lenguaje de programación LabVIEW, que es un entorno gráfico que sirve para realizar programación por medio del lenguaje "G", no se escriben si no que se dibujan todos los programas realizados VI (virtual instrument), debido al control de los instrumentos. Labview se divide en dos partes, el panel frontal encargado de la interfaz con el usuario cuando el programa se está ejecutando con la ayuda de los controles o indicadores brindando una entrada y salida y el diagrama de bloques, lugar donde se colocan los iconos que desempeñan una función específica e interconexión.

Figura 23. PC del Banco de Instrumentos el cual se formateo para la programación



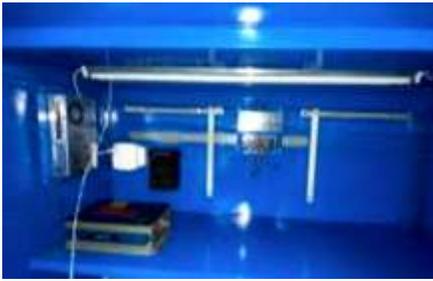
Fuente: Elaboración propia

Diseñar los sistemas de cableado y componentes eléctricos del banco, ya que un buen sistema eléctrico genera ahorro y un consumo más eficaz de la energía, asegurando una mayor entereza al sistema de alimentación.





Figura 24. *Sistemas de cableado y componentes eléctricos del banco*



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario un sostenimiento preventivo que se pueda garantizar que las instalaciones eléctricas se encuentran en óptimo estado y se pueda garantizar el excelente funcionamiento y su vigencia.

Figura 25. *Diagrama desarrollo Fase III*



Fuente:Elaboración propia

Desensamble y desmontaje del banco, tal como las láminas de su estructura, conectores que se encuentran anexos a la distribución del mismo, remoción de pintura, sistema electrónico y demás aspectos necesarios para el desarrollo de las fases y tareas específicas asignadas.

Figura 26. *Remoción Sistema eléctrico*



Fuente:Elaboración propia

Figura 27. *Desensamble y remoción de pintura*



Fuente: Elaboración propia

Comprobación del cableado eléctrico, conexiones, ajustes y acoples, con la guía del personal de eléctricos, el cual se divide métricamente, los diferentes conectores con un marcador del mismo color del banco, para poder diferenciar su tipología.

Figura 28. *Ajustes, acoples y verificación de conexiones*



Fuente: Elaboración propia

Verificación del voltaje y alimentación eléctrica necesaria para el funcionamiento del banco, al igual que sus indicadores, tanto del voltaje como del amperaje respectivamente.

Figura 29. *Visualización de Alimentación Eléctrica*



Fuente: Elaboración propia





Realizar pruebas con un instrumento de motor para validar su funcionamiento.

Figura 30. Pruebas funcionamiento del banco



Fuente: Elaboración propia

Hacer calibraciones si son Necesarias

IV. CONCLUSIONES

En el proceso de adquisición de información a través del software LABVIEW se generó una interfaz adecuada que permitió identificar las diferentes fallas de los instrumentos del motor.

Gracias a este proyecto se logró optimizar el sistema eléctrico, garantizando ahorro y consumo eficaz de energía en la etapa de alimentación y distribución de esta, en todos sus componentes.

Con la realización de este banco, se pudo condensar cada una de las competencias adquiridas durante el proceso de formación en la ESUFA.

Realizar la digitalización de los diferentes componentes análogos del banco de instrumentos aeronáuticos, permitió disminuir los tiempos para la verificación de los instrumentos de motor en sus diferentes variables de funcionamiento.

REFERENCIAS

Aeroplans. (s.f.). Obtenido de: https://www.aeroplans-blaus.com/1673-large_default/tacometro-uma-para-rotax-912914.jpg

aviacion, a. d. (s.f.). Obtenido de <https://www.aprendamos-aviacion.com/2023/01/motor-aeronave-instrumentos-de-motor-de.html>

aviacion, a. d. (s.f.). Obtenido de <https://www.aprendamos-aviacion.com/2021/09/sistema-motopropulsor-de-un-avion.html>

AVIASPORT. (s.f.). Obtenido de http://www.aviasport.com/Pagina_1709.aspx

ELECTRONICA Y MONOGRAFIAS. (s.f.). Obtenido de: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fhyperphysics.phy-astr.gsu.edu%2Fbasees%2FElectronic%2Fscopec.html&psig=AOvVaw1w0W5Q2-JvK4h6gNfuKHgH&ust=1683583515496000&source=im>

electronica, monografias. (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fhyperphysics.phy-astr.gsu.edu%2Fbasees%2FElectronic%2Fscopec.html&psig=AOvVaw1w0W5Q2-JvK4h6gNfuKHgH&ust=1683583515496000&source=im>

Energia Solar. (s.f.). Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/corriente-alterna>

ESUFA, T. (s.f.). *Electronica aeronautica*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2Fwww.esufa.edu.co%2Foferta-academica%2Ftecnologias%2Felectronica-aeronautica&psig=AOvVaw13dtdnbFPeqH_Ybj-8hjnH&ust=1683581547165000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQ3YkBahcKEwj48pOWIOT-AhUAAAAAHQAAAAAQAw

Expo, A. (s.f.). Obtenido de: <https://www.aeroexpo.online/es/prod/uma-instruments/product-182082-37236.htm>

Expo, A. (s.f.). Obtenido de: <https://www.aeroexpo.online/es/prod/uma-instruments/product-182082-37106.html>





- Fluke.* (s.f.). Obtenido de
<https://www.fluke.com/es-co/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital>
- Future people .* (s.f.). Obtenido de
<https://www.crehana.com/blog/desempeno/eficiencia-laboral/>
- lavionnaire.* (s.f.). Obtenido de
<https://www.lavionnaire.fr/Esplnstrumotor.ph>
- lavionnaire.* (s.f.). Obtenido de
<https://www.lavionnaire.fr/Esplnstrumotor.php>
- lavionnaire.* (s.f.). Obtenido de
<https://www.lavionnaire.fr/Esplnstrumotor.php>
- lavionnaire.* (s.f.). Obtenido de
<https://www.lavionnaire.fr/Esplnstrumotor.php>
- MCI.* (s.f.). Obtenido de
<https://cursos.mcielectronics.cl/2022/08/05/corriente-alterna-ac-vs-corriente-continua-dc/>
- propia, F.* (s.f.). *Digrama de procesos sobre la planificacion y el cumplimiento de las tareas y fases.*
- propia, f.* (s.f.). *Proceso de construccion del cableado.*
- propia, f.* (s.f.). *Proceso Desarrollo organizado en fases y tareas.*
- Reparaciones.* (s.f.). Obtenido de
<https://reparacioncasera.blogspot.com/2017/06/como-usar-el-multimetro-tester.html>
- Researchgate.* (s.f.). Obtenido de
https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Diseno-del-programa-en-el-software-LabVIEW-para-lectura-de-los-sensores-LM35-a_fig5_290625625





Modelo aereo de reconocimiento tipo ala zagi con adquisicion de imagenes para analisis

Aerial Reconnaissance Model - Zagi Wing Type with Image Acquisition for Analysis

AT. Jimenez Palechor Jhony Esneider, AT. Zambrano Bogoya Francisco., AT. Moreno Chacón Carlos Daniel, Cárdenas Puentes Jhon Alexander, Cuevas William Alexander
 Jhony.jimenez@fac.mil.co, francisco.zambrano@fac.mil.co, carlos.moreno@fac.mil.co;
 Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, desarrollar un RPA del tipo ala zagi para la adquisición y análisis de imágenes para inteligencia, vigilancia y reconocimiento (IVR), para lo cual se empleó la metodología de ingeniería de detalles en cinco fases a saber: Fase 1. Análisis de reingeniería tomando como referencia el perfil del ala FT Spear usada en aeromodelismo. Fase 2. Diseño tomando los datos y especificaciones técnicas de material a integrar, dimensiones y simulaciones de modelado 3D. Fase 3. Análisis de diseño por medio de protocolos de comunicación, programación y configuración de componentes. Fase 4. Integración donde se realiza la verificación de integración, operación, sistemas de control, ubicación de componentes, cálculos de centro de gravedad, peso y balance de la aeronave y Fase 5. Validación por medio de pruebas en tierra, vuelos de prueba, calibración y aceptación. Para el cumplimiento de estas fases se empleó un método mixto, teniendo como resultado un RPA de bajo costo con una autonomía de vuelo de 35 minutos aproximadamente, un área de operación de 500 metros por cobertura del radio receptor (la cual se puede mejorar), peso aproximado de 850 gramos de carga útil y un costo de fabricación aproximado de \$2.500.000, sin el sistema de radio control, con un impacto directo en la industria, en el área militar, academia y procesos de I+D+i, al reducir la brecha de dependencia tecnológica en el desarrollo de aeronaves remotamente tripuladas.

Palabras clave: RPA, Ala Zagi, IVR, Ingeniería, Integración, Fabricación.

SUMARY

This research aims to develop an RPA (Remotely Piloted Aircraft) of the Zagi wing type for the acquisition and analysis of images for intelligence, surveillance, and reconnaissance (IVR). The methodology employed follows a detailed engineering approach structured in five phases: 1. Reengineering analysis utilizing the FT Spear wing profile as a reference in aeromodeling. 2. Design incorporating material specifications, dimensions, and 3D modeling simulations. 3. Design analysis involving communication protocols, programming, and component configuration. 4. Integration, encompassing integration verification, system operation, control systems, component placement, center of gravity calculations, weight, and aircraft balance. 5. Validation through ground tests, trial flights, calibration, and acceptance. A mixed-method approach was utilized to fulfill these phases, resulting in a low-cost RPA with an approximate flight autonomy of 35 minutes, an operational area coverage of 500 meters radius (which can be improved), a payload weight of approximately 850 grams, and an approximate manufacturing cost of \$2,500,000, excluding the radio control system. This innovation directly impacts the industry, military sector, academia, and R&D processes, reducing technological dependence gaps in the development of remotely piloted aircraft.

Keywords: RPA, Zagi Wing, ISR, Engineering, Integration, Manufacturing.





I. INTRODUCCIÓN

Una de las tareas del Estado de Derecho es garantizar la seguridad y protección del Estado, es decir, asegurar la libertad y la democracia, evitando riesgos y amenazas que puedan afectar la existencia del Estado e impedir un mayor bienestar de la población[1].

Para garantizar el cumplimiento de esta función, Colombia cuenta con un sistema de seguridad y defensa organizadas y lideradas por las Fuerzas Armadas con la concepción de la defensa del territorio nacional, siendo indispensable que estas tengan la capacidad para responder a los retos que generen nuevos riesgos y amenazas, por lo que es necesaria su integración a los sistemas para la adquisición de información de inteligencia para análisis de información[2].

En la actualidad las aeronaves remotamente tripuladas RPA son dispositivos que emplean innovaciones tecnológicas avanzadas, las cuales contribuyen a mejorar la seguridad a nivel táctico y operativo, impactando el área de vigilancia por medio de adquisición de información empleada en los procesos para evaluar riesgos, control geográfico, inspección de exteriores e interiores, aseguramiento de activos remotos, realización de tareas de vigilancia pasiva y activa, detección de riesgos y amenazas –[3], que de acuerdo a su configuración pueden proveer información para la adquisición y análisis de imágenes para inteligencia, vigilancia y reconocimiento (IVR).

El objetivo principal es desarrollar un RPA del tipo ala zagi para la adquisición y análisis de imágenes para inteligencia, vigilancia y reconocimiento (IVR), empleando cámaras de video y vigilancia, como herramienta tecnológica para proteger cualquier lugar de posibles amenazas, con la capacidad de transmitir y almacenar en tiempo real la información de un área específica para su análisis y la toma de decisiones[4].

Para ello se emplea un RPA del tipo ala Zagi configurada con un sistema de adquisición y

transmisión en tiempo real de video con la capacidad de referenciar coordenadas e información adquirida para un mejor análisis. Se emplea la metodología de ingeniería de detalles para el desarrollo del proyecto con un enfoque mixto, buscando reducir la brecha de dependencia tecnológica y el desarrollo de medios tecnológicos autónomos de bajo costo para la inteligencia y seguridad.

II. METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El diseño propuesto está basado en la metodología de ingeniería de detalles, con un enfoque mixto, ya que se tiene la información cualitativa y cuantitativa lograda en la primera fase, con el análisis de ingeniería donde se recolectó la información correspondiente a desarrollos e investigaciones previas (estado del arte) por medio de bases de información académicas y científicas, fundamento de la presente investigación.

Posteriormente se realiza la fase de validación de la información, desarrollando el diseño preliminar del prototipo PDR, determinando que el mejor perfil aerodinámico que se puede emplear es el Spear que es un ala voladora versátil para volar con una gran bahía central que ofrece mucho espacio para guardar baterías, equipo FPV y todos tus dispositivos electrónicos. El avión se puede construir con FliteBoard PRO duradero y resistente o en foam board que es un material de bajo costo y fácil manipulación [5]. Dentro de sus especificaciones técnicas tenemos, peso total de 850 grs, peso sin batería 600 grs, envergadura 41 pulgadas (1041 mm), longitud 20 pulgadas/500 mm, ubicación del CG 76-89 mm frente al firewall, lanzamientos de control elevones 16° EXPO: 30 ° [6] y lo más importante es fácil construirse.

Posteriormente se establecen los criterios de operación, configuración de materiales a integrar para su funcionamiento, diseño preliminar del prototipo (electrónico y mecánico) y verificación de requerimientos técnicos y de mantenimiento.





A. Selección de materiales

Se inicia con la selección del material para la fabricación de la estructura del ala, para ello se emplea Foam board que es un material resistente, ligero y fácil de cortar, está fabricado con dos capas de papel de alta calidad y un centro de espuma de poliestireno extruido. [7]. Empleando lámina de color blanco o negro de 70x100cm 5mm grosor como se observa en la siguiente imagen.

Figura 1. Láminas de foam board



Fuente: Elaboración propia

Para la manufactura de corte se emplea el bisturí de precisión o bisturí punta de lanza, ideal para trabajos artísticos y/o manuales que requieren cortes precisos y con alto grado de complejidad [8], como se observa en la siguiente imagen.

Figura 2. Bisturí punta de lanza



Fuente: Elaboración propia

El pegante seleccionado son las barras de silicona, un tipo de pegamento caliente que se utiliza en manualidades y que puede unir materiales livianos y resistentes al calor.

Esta varilla cilíndrica de silicona se aplica mediante una pistola especial con una resistencia y un gatillo que empuja la varilla mientras el pegamento se derrite y sale por la boquilla para su aplicación. El producto tendrá una textura suave cuando esté caliente, unos

segundos después, al enfriarse, se endurecerá y el adhesivo hará su efecto. [9], dentro de sus características técnicas tenemos, color transparente, 11 mm de diámetro, elástica y flexible, resistente al agua y los cambios climáticos. Se observa en la siguiente imagen.

Figura 3. Silicona caliente



Fuente: Elaboración propia

Acorde a las recomendaciones técnicas se selecciona un motor Xing-E 2207 2450kv 4s, motor muy fuerte y potente para carreras FPV, una opción de gran valor con un rendimiento XING, son fuertes y duraderos. Sus especificaciones técnicas son, eje de acero de 5 mm de alta resistencia, N52H Imanes de alta temperatura, rodamientos NSK, patrón de agujeros de 16x16mm, bobinado de cobre de un solo hilo, tornillo de fijación del eje del perno hexagonal-[10], como se observa en la siguiente imagen.

Figura 4. Motor Xina



Fuente: Elaboración propia

Para el control electrónico de la velocidad se emplea una ESC de 40A, para T-Motor AT40A2-4s Ala fija programable-[11], como se observa en la siguiente imagen.

Figura 5. ESC 40A



Fuente: Elaboración propia





Los servos para el sistema de control de vuelo son del tipo Futaba S3102, servo de aire microanalógico, de engranaje metálico, con las siguientes especificaciones técnicas: velocidad 0,25 seg/60° a 4,8V, torsión 3,7 kgf/cm a 4,8 v, 51,4 ozf/pulg. a 4,8 v, tamaño 28 x 13 x 29,7 mm [12], como se observa a continuación.

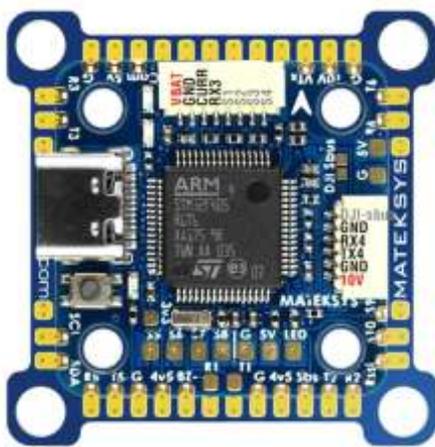
Figura 6. Servo 3102



Fuente: Elaboración propia

Para el sistema controlador de vuelo se emplea la tarjeta MATEKSYS F405-MiniTE - Mini 20x20, en comparación con F722-miniSE de 8 motores o 6 motores + 2 servos, F405-miniTE admite 8 motores + 3 servos en el mezclador multirrotor INAV/BF, el objetivo rediseñado MATEKF405TE admite DSHOT bidireccional 8x. Admite unidad aérea DJI PnP y un BEC de 10 V para DJI OSD o VTX analógico, F405 Mini tiene una memoria flash de 1 MB que se puede ejecutar con ArduPilot. Montaje convertible de 20 a 30,5 mm, InvenSense GEN3 IMU ICM42605 [13], como se observa a continuación.

Figura 7. Servo 3102



Fuente: Elaboración propia

Este tipo de controladora requiere la integración de un módulo GPS MATEKSYS SAM-M8Q, con tecnología de receptor GLONASS, Galileo, QZSS y SBAS y antena micro patch incorporada. Para sus sistemas UAV, Robots, RC, FPV, GPS con motor M8 de 72 canales L1C/A, SBAS L1C/A, QZSS L1C/A, QZSS L1 SAIF, GLONASS L1OF, Galileo E1B/C. Alta precisión gracias a la recepción simultánea de hasta 3 GNSS (GPS, Galileo, GLONASS). Regulador de voltaje de 3,3 V de ruido ultra bajo integrado y filtro RF para bloqueo de ruido. Cuenta con un LNA frontal adicional para un rendimiento optimizado y un filtro SAW frontal para mayor inmunidad a interferencias [14], el cual se observa a continuación.

Figura 8. Módulo GPS



Fuente: Elaboración propia

Para el sistema de adquisición de imágenes se emplea el sistema de cámara RunCam Wasp Nano HD FPV con Link VTX, que es un sofisticado sistema de cámara de Runcam, completo con RunCam Link VTX que admite una señal de vídeo digital de 5,8 GHz y ofrece transmisión de imágenes de 720p a 120 fps. Diseñado específicamente para drones FPV, el sistema de cámara RunCam Wasp Nano HD FPV con Link VTX es compatible con las gafas DJI FPV y ofrece imágenes de alta definición y rango de transmisión de hasta 4 km. El sistema Link permite que vuelen hasta ocho drones simultáneamente y cada piloto tenga un canal dedicado. Esta configuración minimiza las interferencias cruzadas y garantiza una experiencia de carrera óptima [15], como se observa a continuación.





Figura 9. Módulo de cámara



Fuente: Elaboración propia

Dentro de sus características más importantes están, el permitir que hasta ocho drones vuelen simultáneamente con canales exclusivos. Ofrece transmisión de imágenes de 720p a 120 fps y admite una señal de vídeo digital de 5,8 GHz. Diseñado específicamente para drones FPV. Compatible con gafas DJI FPV. Alcance de transmisión de hasta 4 km. Sistema de cámara sofisticado.

La batería a emplear es una del tipo LiPo 2200 mAh de 11.1 voltios y 50 C con el conector tipo XT60, Marca Zeee de alta tasa de descarga en todo el mundo. Las especificaciones técnicas son: voltaje (V) 11,1 V, capacidad (mAh) 2200 mAh, descarga (C) 50C, configuración 3S1P, peso aproximado 137 g/4,83 oz, dimensión 75x34x26,5 mm 2,95x1,34x1,04" Pulgadas (largo x ancho x Alto) [16], como se observa a continuación.

Figura 10. Batería LiPo 4S



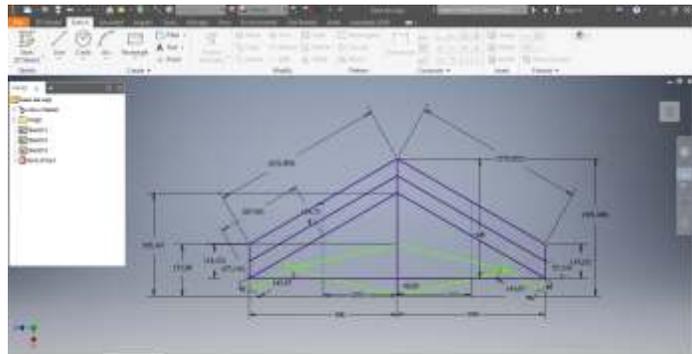
Fuente: Elaboración propia

B. Integración de componentes.

Para la integración de los componentes, se inicia con la fase de diseño, con el software de inventor 2018 para realizar la caracterización dimensional

y ubicación en el ala zagi como se observa a continuación.

Figura 11. Diseño y ubicación de componentes



Fuente: Elaboración propia

Se realiza el corte y ensamble del ala en foam board con el apoyo del centro tecnológico e innovación aromática CETIA con la maquina de corte laser como se observa a continuación.

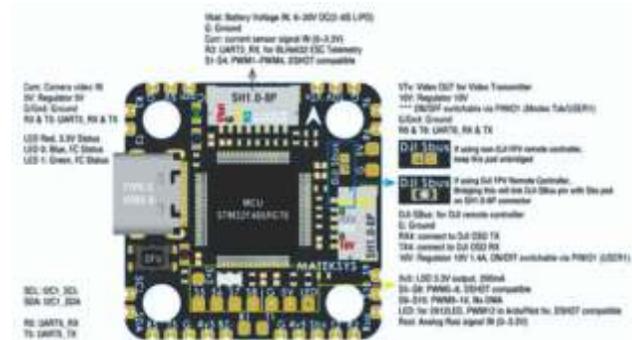
Figura 12. Máquina de corte kaser



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se inicia la fase de configuración electrónica de la controladora de vuelo donde se emplea el pining programing recomendado por el fabricante como se observa a continuación

Figura 13. Pining programing de la controladora



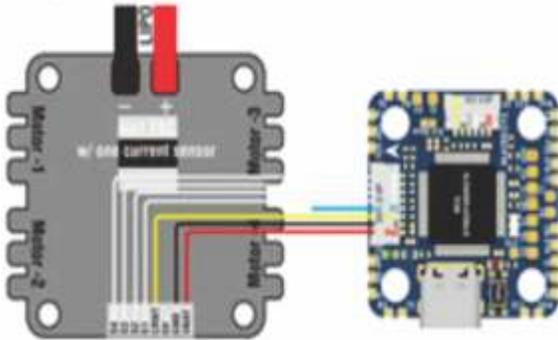
Fuente: Elaboración propia





Se inicia con la selección de las líneas de conexión a puerto de video, para la adquisición análisis y transmisión de este, como se observa a continuación.

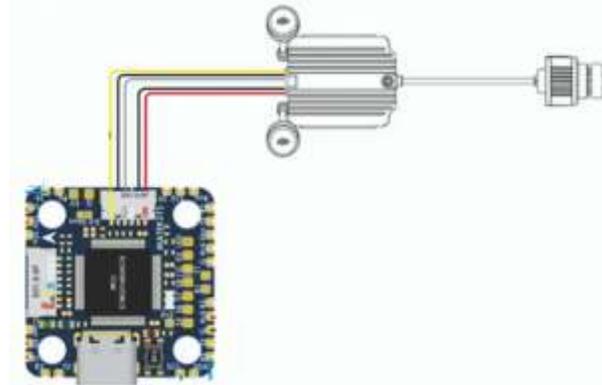
Figura 14. Configuración de video



Fuente: Elaboración propia

Se emplea el puerto ST1 para la transmisión y recepción de datos, posteriormente se conecta la cámara por el puerto como se observa a continuación.

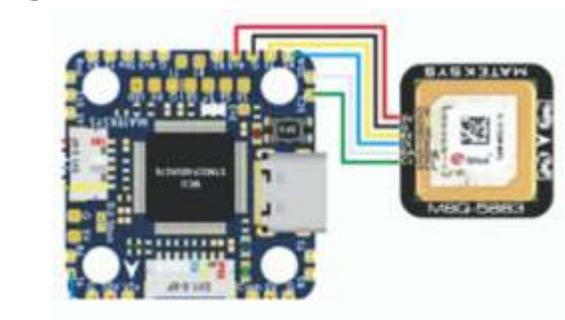
Figura 15. Conexión cámara



Fuente: Elaboración propia

Ahora se inicia la integración del módulo de GPS por el puerto SDA, conectando las líneas de alimentación y el puerto de transmisión y recepción, como se observa a continuación.

Figura 16. Conexión módulo GPS



Fuente: Elaboración propia

Una vez conectado el modulo de la camara y el modulo GPS, se inicia el proceso de programación, estableciendo los parametros de configuracion acorde a la operación, se selecciona la cantidad de motores, (para nuestro caso, uno), los puertos de comunicación por modulos y los servos de control, como se observa a continuación.

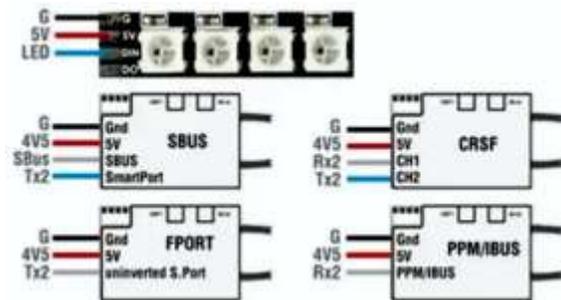
Figura 17. Configuración e integración

Module	Configuration	Serial Pin	Primary Output	Sensor Input	Peripherals
USB VCP	115200	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
GART1	115200	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
GART2	115200	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
GART3	115200	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
GART4	115200	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
GART5	115200	Disabled	AUTO	GPS	AUTO
GART6	115200	Disabled	AUTO	Disabled	VTX (VRC Trax)
SOFTWARE	115200	SmartPort	Disabled	AUTO	Disabled

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se inicia la conexión de los servos de control, teniendo precaución con las líneas de corriente y tierra para no generar daños en la controladora, como se observa a continuación,

Figura 18. Conexión de servos de control



Fuente: Elaboración propia

C. Validación

Una vez realizado el proceso de integración se realiza el ensamble final, ubicando los componentes en el ala zagi como se observa a continuación.

Figura 19. Ensamble final del ala zagi



Fuente: Elaboración propia





En esta fase se realiza la comprobación de integración de los sistemas de navegación, vuelo y adquisición de imágenes, como se observa a continuación.

Figura 20. Pruebas de integración



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se inician las pruebas y calibraciones de peso y balance de acuerdo al centro de gravedad, se realizan dos pruebas, la primera por cálculos matemáticos y la segunda es la prueba real por balance estático como se observa a continuación.

Figura 21. Balanceo estático del ala zagi



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realizan los vuelos de prueba en la Escuela de Suboficiales FAC, ubicada en Madrid Cundinamarca, se realizó un vuelo de 15 minutos verificando los parámetros de vuelo, la adquisición y calidad del video, la transmisión en tiempo real, con un éxito total en las pruebas realizadas, como se observa a continuación.

Figura 22. Balanceo estático del ala zagi



Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado más importante, es el logro de un RPA de bajo costo, con una autonomía de vuelo aproximada de 35min, un área de operación de 500 metros por cobertura del radio receptor (la cual se puede mejorar), peso aproximado de 850 grs de carga útil, costo de fabricación aproximado de \$2.500.000 sin el sistema de radio control, con un impacto directo en la industria, en el área militar, academia y procesos de I+D+i, al reducir la brecha de dependencia tecnológica en el desarrollo de aeronaves remotamente tripuladas.

IV. CONCLUSIONES

Se realizó un prototipo funcional con estructura fabricada en foam board y empleando los planos del perfil FT Spear V1.0, realizando la configuración electrónica del sistema de control gracias a los conocimientos adquiridos en el proceso de formación y al apoyo del personal experto en diseño y fabricación de RPAS.

Se realizaron pruebas operacionales con resultados satisfactorios, se inició una segunda fase la cual se encuentra en desarrollo, con el objetivo de fabricar la estructura en materiales compuestos basándose en áreas como la aerodinámica para determinar perfiles adecuados y diseñar una geometría para el ala, realizando el análisis estructural que determine la resistencia de los materiales a emplear.

REFERENCIAS

- [1]«Inteligencia estratégica para la seguridad nacional estadounidense: edición actualizada en JSTOR». <https://www.jstor.org/stable/j.ctv15r580p> (accedido 30 de agosto de 2023).





- [2] E. Barbé y O. Perni, «Más allá de la seguridad nacional», en *Introducción a los estudios de seguridad y defensa*, 2001, ISBN 84-8444-278-0, págs. 3-34, Comares, 2001, pp. 3-34. Accedido: 30 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=586715>
- [3] «Drones: ventajas potenciales para la Seguridad y las Emergencias LISA Institute». <https://www.lisainstitute.com/blogs/blog/drones-usos-policia-seguridad-emergencias-bomberos> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [4] Securitycom, «Antecedentes de la video vigilancia e importancia». <https://www.securitycom.mx/blog/antecedentes-de-la-video-vigilancia-e-importancia> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [5] «FT-Spear Flying Wing - Laser Cut Foamboard Speed Build kit», Vortex-RC. <https://www.vortex-rc.com/product/ft-spear/> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [6] «FT Spear - BUILD | Flite Test». <https://www.flitetest.com/articles/ft-spear-build> (accedido 28 de agosto de 2023).
- [7] «Foamboard», Industrias Gioto. <http://www.gioto.com.co/arquitectura/541-foamboard-pleigo> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [8] «Bisturí De Precision Punta De Lanza - Fusion Color». <https://www.industriasfusioncolor.com/product/bisturi-de-precision-punta-de-lanza/> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [9] «Silicona En Barra Gruesa Delgada». <https://lacasadelaherramienta.co/silicona-en-barra-gruesa-delgada.html> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [10] «Motor Xing-E 2207 2450kv 4s JJ-HOBBIES». <https://www.jj-hobbies.com/producto/motor-xing-e-2207-2450kv-4s/> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [11] «ESC T-Motor AT40A 2-4s Ala fija Programable JJ-HOBBIES». <https://www.jj-hobbies.com/producto/esc-t-motor-at40a-2-4s-ala-fija-programable/> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [12] «S3102», Futaba USA. <https://futabausa.com/product/s3102/> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [13] «MATEKSYS F405-MiniTE Flight Controller - Mini 20x20», www.getfpv.com. <https://www.getfpv.com/mateksys-f405-minute-flight-controller-mini-20x20.html> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [14] «MATEKSYS SAM-M8Q GPS Module», www.getfpv.com. <https://www.getfpv.com/matek-ublox-sam-m8q-gps-module.html> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [15] «RunCam Wasp Nano HD FPV Camera System w/ Link VTX», www.getfpv.com. <https://www.getfpv.com/runcam-wasp-nano-hd-fpv-camera-system-w-link-vtx.html> (accedido 30 de agosto de 2023).
- [16] «Batería LiPo 2200mAh, 11.1V 50 C, XT60 : ZEE Zona Hobbies Colombia». <https://zonahobbies.com/tienda/bateria-lipo-2200mah-11-1v-50-c-xt60-zee/> (accedido 28 de agosto de 2023).





TECNO
ESUFA



VOLUMEN 33 DICIEMBRE 2023



TECNO
ESUFA



EDUCACIÓN AERONÁUTICA Y CULTURA



·Recopilación y actualización digital del repertorio musical de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA.



Recopilación y actualización digital del repertorio musical de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA

Compilation and Digital Update of the Musical Repertoire for the Symphonic Bands of EMAVI and ESUFA

HC. Manjarrés Zárate Benjamín Andrés, AT Flórez Ruiz Nicolás
Mauricio y AT. Timote Bautista Cristian Fabián.

benjaminm@esufa.edu.co, nicolas.florez@emavi.edu.co,
cristian.timote@esufa.edu.co,

Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz

RESUMEN

La recopilación y actualización digital del repertorio de las Bandas Sinfónicas de ESUFA y EMAVI fue un proyecto que benefició a la banda en múltiples aspectos. En primer lugar, ayudó a las respectivas bandas sinfónicas a llevar un registro detallado de su repertorio actualizado. En segundo lugar, la categorización precisa de su repertorio resultó fundamental para que músicos y directores pudieran acceder de manera eficiente a la música requerida. En tercer lugar, la organización del repertorio permitió a la Banda Sinfónica planificar sus conciertos y ensayos de manera más efectiva.

Una vez creada la base de datos digital, se procedió a socializar su uso entre los músicos y directores de las Bandas Sinfónicas. Estos componentes desempeñaron un papel fundamental en la mejora de la organización del equipo en relación con la música interpretada. La recopilación y actualización digital del repertorio de la Banda Sinfónica tuvo el mayor impacto al centralizar toda la información en formato digital. A través de una plataforma en línea, se facilitó contenido digital estructurado en carpetas individuales, cada una con las partituras específicas para cada instrumento musical.

El beneficio más destacado fue el impulso que brindó al equipo de las Bandas Sinfónicas de ESUFA y EMAVI, aumentando el sentido de dignidad y excelencia en las ceremonias militares. Esto permitió ofrecer un acompañamiento musical de calidad en desfiles, funerales, inspecciones y otros eventos importantes, reduciendo así los contratiempos en la organización de las partituras del repertorio musical.

Palabras clave: Banda Sinfónica, Comunicaciones, Digital, Repertorio.

SUMMARY

The compilation and digital update of the repertoire for the ESUFA and EMAVI Symphonic Bands was a project that brought multiple benefits to the bands. Firstly, it assisted the respective symphonic bands in maintaining a detailed and updated record of their repertoire. Secondly, the precise categorization of their repertoire was crucial for musicians and conductors to efficiently access the required music. Thirdly, organizing the repertoire allowed the Symphonic Band to plan concerts and rehearsals more effectively.

Once the digital database was established, its usage was introduced to the musicians and conductors of the Symphonic Bands. These components played a fundamental role in improving the team's organization regarding the performed music. The compilation and digital update of the Symphonic Band's repertoire had the most significant impact by centralizing all information into digital format. Through an online platform, structured digital content was provided in individual folders, each containing specific scores for each musical instrument.

The most notable benefit was the boost it provided to the ESUFA and EMAVI Symphonic Bands, enhancing their sense of dignity and excellence in military ceremonies. This allowed them to offer quality musical accompaniment in parades, funerals, inspections, and other significant events, thus reducing complications in organizing the musical repertoire scores.

keywords: Symphonic Band, Communications, Digital, Repertoire.





I. INTRODUCCIÓN

La Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) tiene una historia musical rica y arraigada. En los últimos años, ha realizado un esfuerzo conjunto para promover su patrimonio musical a través de la creación e integración de escuelas de formación musical. La Banda Sinfónica de la FAC es un proyecto educativo y cultural conjunto, capaz de articular los diversos espacios educativos y culturales de las instituciones en torno a su repertorio.

Este trabajo se centró en analizar el esfuerzo educativo musical que las Bandas Sinfónicas de ESUFA y EMAVI llevaron a cabo. Se examinaron en detalle los datos básicos de las distintas ediciones de los conciertos realizados por las bandas, incluyendo las fechas de celebración, el repertorio musical interpretado, los materiales didácticos utilizados y las innovaciones que surgieron a lo largo del tiempo.

La Banda Sinfónica juega un papel crucial en la educación musical y el enriquecimiento cultural de la comunidad. El análisis se centró en comprender cómo la banda contribuye a esta labor educativa a través de su participación en diversos eventos y celebraciones. Estos eventos, que van desde desfiles hasta ceremonias, representan una oportunidad única para que la banda muestre su destreza musical y transmita mensajes a través de la música.

El análisis de los distintos eventos permitió identificar patrones y tendencias en la elección del repertorio, así como la evolución de enfoques y elementos a lo largo del tiempo. Se prestó especial atención a los recursos educativos utilizados, los cuales juegan un papel fundamental en la formación musical tanto de los miembros de la banda como de la audiencia que asiste a los eventos, incluyendo:

-  Ceremonia militar
-  Imposición de medallas
-  20 de julio
-  Grados de Oficiales y Suboficiales
-  Tour navideño
-  Virgen del Topo
-  Viacrucis en Popayán - EMAVI

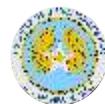
Estas ceremonias están acompañadas de un repertorio que toma como base, las marchas propuestas por Sousa (s.f), en su libro *Marching Along*. Sousa (s.f, como se citó en Datos enlazados, 2023) escribió la marcha militar, como la base de toda la música de banda. De este modo, se percibe la necesidad de proponer el consolidado del archivo musical de melodías de las bandas sinfónicas como archivo digital.

La pasantía desempeñó un papel importante en el desarrollo de este estudio al enfocarse en la gestión de la colección del repertorio de las dos bandas (la Banda Sinfónica de la EMAVI y la Banda Sinfónica de la ESUFA), con el objetivo de crear un archivo digital que almacenara de manera organizada y accesible toda la información relevante. Durante la pasantía, se llevaron a cabo diferentes etapas, como la recopilación de datos básicos de las distintas ediciones de los conciertos, la categorización del repertorio, la identificación de materiales didácticos utilizados y la determinación de las innovaciones que surgieron con el tiempo.

La pregunta central que orientó este estudio fue: ¿Cómo realizar la recopilación del repertorio de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA de manera eficiente y efectiva? Esta pregunta reflejó el desafío de reunir de manera exhaustiva y precisa toda la información relacionada con los conciertos y el repertorio interpretado por ambas bandas a lo largo del tiempo.

El objetivo primordial de este estudio fue recopilar de manera sistemática y estructurada el repertorio de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA en un archivo digital. Para lograr este propósito, se plantearon objetivos específicos que abordaron diferentes etapas del proceso. En primer lugar, se buscó diagnosticar la situación actual de ambas bandas sinfónicas, comprendiendo su funcionamiento, repertorio y prácticas actuales. Posteriormente, se llevó a cabo la tarea de clasificar la información del repertorio, dividiéndola en categorías y aspectos relevantes para su análisis y organización.

De este modo, se alcanzaron los objetivos específicos que se centraron en crear un archivo





Edigital donde se albergara el repertorio recopilado, garantizando su accesibilidad y disponibilidad para futuros estudios y consultas. En conjunto, estos objetivos contribuyeron a crear una valiosa herramienta que permitió un análisis profundo del esfuerzo educativo musical realizado por ambas bandas, al tiempo que facilitó la gestión eficiente de su repertorio musical.

Este archivo es una valiosa herramienta para difundir el repertorio en diferentes eventos y presentaciones musicales que realice la FAC, también resulta de interés para gestores culturales, músicos y entidades culturales y educativas a nivel departamental y municipal. El acceso al archivo digital se puso a disposición de los músicos y directores de la Bandas Sinfónicas de la Fuerza Aeroespacial Colombiana FAC.

Por lo tanto, representa un recurso invaluable para compartir el repertorio en los distintos encuentros y presentaciones de acompañamiento musical que organice la FAC.

A. Estado del arte

Se han definido investigaciones en el ámbito del archivo musical documental, por ejemplo, el artículo titulado “Subjetividades y aportes al sujeto cultural” proviene de un estudio enfocado en la recuperación del material documental, específicamente partituras musicales, utilizadas por la Orquesta Sinfónica de Vientos en Boyacá, cuyo origen se remonta a finales del siglo XIX. Este estudio se dividió en las siguientes fases (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2022):

-  Diagnóstico,
-  Clasificación, caracterización y valoración,
-  Organización de la colección documental,
-  Catalogación

En el archivo documental se examina la propuesta de recopilación musical de la Orquesta de la Ciudad de Albacene, que abarca una colección de 150 años de historia de la Orquesta de Viento.



Un recorrido por la historia del colegio.

Esta agrupación musical local vive un momento muy especial: la integración profesional de sus componentes, la mejora constante de la calidad artística, el reciente paso a la sinfónica, la apertura de la programación de conciertos a los diversos estilos y músicas de la actualidad, así como, la labor educativa alrededor del mundo (Moya et al., 2008).

En la actualidad, la orquesta ha evolucionado de ser un símbolo de crecimiento económico y prosperidad en la ciudad, hacia un enfoque más participativo y culturalmente significativo. Esta transición refleja un cambio en su función social, donde su papel va más allá de la representación del éxito financiero. En este nuevo contexto, la orquesta se convierte en un proyecto cultural con un doble sentido. Uno de los aspectos clave es su contribución a través de la formación no formal, lo que desempeña un papel fundamental en el proceso de aprendizaje permanente de sus miembros y de la comunidad en general.

Por otra parte, la permanencia del público y la incorporación de nuevas generaciones se conciben como la creación de un diálogo constante con la sociedad, satisfaciendo sus necesidades a través de la participación en actividades culturales, desde una perspectiva social y educativa, mediante diversos programas notables a nivel local. Esto define tanto el papel de la orquesta en la comunidad como su función social, como una orquesta sinfónica en sí (Ropón Mesa, 2022).

La creación de un repertorio musical escrito para las bandas sinfónicas representa una labor de alta relevancia para el avance de estas formaciones. Dicho repertorio compuesto por partituras sirve como guía fundamental para la ejecución e interpretación de las piezas musicales.

El proyecto titulado “Producción de repertorio escrito de música colombiana, para instrumentos solistas y pequeños ensambles”, evidencia el propósito de avanzar en el conocimiento y la





apreciación de la música en el ámbito investigación–creación. Para lograr este objetivo se realizó una investigación destinada a identificar los temas más destacados y populares en términos de reproducciones en plataformas digitales (Vela, 2019).

En el caso de las bandas sinfónicas, contar con un repertorio escrito permite que los músicos puedan leer y aprender las partituras de manera más ágil y efectiva, lo que facilita la preparación de las obras y mejora la calidad de las interpretaciones.

La oralidad ha sido una forma tradicional de transmisión de la música, lo que hace necesario que se realice la recolección de repertorios para registrar y preservar este patrimonio a través de partituras, letras de canciones y otros documentos, como se evidencia en el documento titulado “Transmisión del patrimonio musical popular: oralidad, escritura y procesos de institucionalización en la música extremeña” escrito por Rodríguez et al. (2005).

En este periodo de crisis generalizada, tanto instituciones tradicionales nacionales como internacionales, se ven compelidas a realizar una transición hacia lo digital en la producción de repertorio musical para bandas sinfónicas, está iniciativa, de gran relevancia, no solo impulsa el progreso de estas agrupaciones, sino que también fomenta la discusión de la cultura musical en la sociedad (Gainza, 2004).

En un estudio previo llevado a cabo en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá en el año 2018, se realizó una sistematización exhaustiva de las prácticas pedagógicas (Gomez & Hernández, 2018). Esto se logró mediante la compilación y análisis de diversos tipos de documentos escritos, como diarios de campo, entrevistas con directores destacados en el ámbito musical, encuestas y una participación en la observación y seguimiento de las agrupaciones musicales en todo el país.

El resultado es un conjunto completo de recursos virtuales y audiovisuales alojados en una serie de sitios web dentro de la página de Radio Marching (Rosas). Esta recopilación representa

una propuesta de formación musical que abarca diversos aspectos de la práctica colectiva de bandas de marcha. Incluye tanto conceptos introductorios y fundamentales de la música en este género, como aspectos más detallados relativos a la interpretación, selección de repertorio, componentes visuales, técnicas instrumentales basadas en maderas, metales y percusión, así como consideraciones sociales inherentes a esta experiencia musical conjunta (Gómez, 2018).

Además, la creación de repertorio musical escrito para las bandas sinfónicas no solo aporta la conservación y difusión de la cultura musical, sino que también posibilita que las composiciones queden registradas en un formato duradero y de fácil acceso.

Asimismo, se analiza el documento titulado “Análisis del contenido musical de archivos sonoros y para la generación de nuevos metadatos” En este artículo se presentan los fundamentos del análisis automático del contenido musical, y se ofrecen ejemplos concretos de sus posibles aplicaciones (Herrera & Gómez, 2011).

El repositorio digital desempeña un papel fundamental en la organización, almacenamiento y difusión de información de gran valor. En este contexto, un repositorio es una plataforma en línea donde se recopilan, almacenan y gestionan diversos tipos de contenido, como documentos, archivos de audio y video, imágenes y otros recursos digitales. Su función principal radica en la centralización y la organización de estos materiales, facilitando así la búsqueda, utilización y el intercambio de la misma.

En el caso específico de la producción de repertorio digital de música para las bandas sinfónicas, el repositorio se convierte en una herramienta esencial. Permite conservar y compartir partituras, grabaciones de ensayos y presentaciones, recursos pedagógicos y otros elementos relacionados con la música y el desempeño de la banda. Asimismo, el repositorio facilita el acceso a estos recursos en cualquier





momento y lugar, lo que resulta especialmente beneficioso para el proceso de formación y aprendizaje continuo de los músicos.

En conclusión, la creación de un repertorio digital de música para las bandas sinfónicas aporta de manera significativa al desarrollo y promoción de estas agrupaciones. La disponibilidad de un repositorio digital no solo optimiza la gestión y organización de recursos musicales, sino que también fomenta la difusión de la cultura musical en la sociedad al facilitar el acceso y la apreciación de las interpretaciones de estas bandas. Es una iniciativa que potencia el crecimiento artístico y educativo de los músicos, así como la valoración de la música sinfónica en la comunidad.

B. Conceptos fundamentales

Preservación digital

La preservación digital comprende una serie de métodos, enfoques y procedimientos destinados a garantizar la integridad y permanencia a largo plazo de los archivos digitales. En esencia, implica la implementación de acciones preventivas para evitar la pérdida o deterioro de la información contenida en estos archivos, al mismo tiempo, que se adoptan prácticas que garanticen su disponibilidad y utilidad en el futuro (Castillo, 2018).

La preservación digital se ha vuelto esencial en la era digital debido a la alta vulnerabilidad de los archivos digitales ante la obsolescencia tecnológica, el deterioro físico y la evolución de formatos. La falta de una preservación adecuada puede originar la pérdida definitiva de estos archivos, lo que representa una amenaza para la preservación de la memoria y el patrimonio cultural. Por lo tanto, asegurar la continuidad y accesibilidad de estos recursos se convierte en una prioridad para salvaguardar la riqueza de la información digital en el largo plazo (UNESCO, 2015).

Dentro del conjunto de técnicas y estrategias de preservación digital se engloban diversas acciones clave. Estas incluyen la migración de formatos, el almacenamiento redundante en

múltiples ubicaciones, la implementación de copias de respaldo, el seguimiento de versiones, así como la elaboración de una documentación exhaustiva de los archivos digitales, entre otras medidas relevantes.

Recursos culturales

Los recursos culturales engloban los activos materiales e inmateriales que encarnan el patrimonio cultural de una comunidad. Estos recursos abarcan elementos tangibles, tales como edificaciones históricas, artefactos arqueológicos, obras artísticas, documentos y archivos, así como elementos intangibles, en términos de prácticas, rituales, expresiones dancísticas, composiciones musicales, conocimientos y tradiciones (Panadero, 2021).

Los recursos culturales revisten una trascendental relevancia, ya que condensan la identidad, historia y riqueza cultural de una comunidad. Adicionalmente, ejercen un papel inspirador para la generación artística y la innovación, al tiempo que ostentan un valor económico sustancial, manifestándose como atractivos turísticos y fuentes generadoras de empleo y prosperidad (Rebollo, 2017).

Banda sinfónica

Una banda sinfónica es una agrupación musical que amalgama una diversidad de instrumentos de viento, percusión y, en determinados casos, cuerdas. El término "sinfónica" deriva de "sinfonía", una composición musical con una estructura específica, y es precisamente esta amalgama sonora que busca recrear y reinterpretar a través de sus composiciones musicales (Brontons, 2007).

El origen de la banda sinfónica se remonta a las bandas militares, cuyos integrantes ejecutaban instrumentos de viento y percusión con el propósito de acompañar y alentar a las tropas en batallas y desfiles castrenses. Con el paso del tiempo, estas agrupaciones incorporaron instrumentos de cuerda y ampliaron su repertorio hacia un abanico más diversificado, abarcando géneros musicales que incluyen tanto lo popular como lo clásico (Casas & Rivas, 2013).





Interpretación

La interpretación musical se corresponde con la ejecución de una pieza musical llevada a cabo por un músico individual o un grupo de músicos. Más allá de la simple reproducción, la interpretación musical entraña infundir vida a la partitura, mediante la selección precisa del tempo, la expresión, la dinámica y la articulación. Estos elementos amalgamados transmiten eficazmente la emoción y el mensaje que el compositor deseó plasmar en su obra, otorgándole una dimensión vívida y emotiva (Orlandini, 2012).

La interpretación musical no se restringe a la mera técnica, sino que abarca la creatividad, la sensibilidad y la destreza individual de cada músico, quien logra infundir su perspectiva y emoción en la música. Cada intérprete puede abordar una misma composición de manera única, lo que brinda una constante renovación y adaptación de la música a las transformaciones culturales y sociales. De este modo, la interpretación musical se convierte en un proceso enriquecedor y dinámico que trasciende los límites de la partitura original (Cabrelles, 2006).

La interpretación musical es un proceso complejo que requiere de una formación técnica y artística sólida, así como de una capacidad de escucha y de adaptación a las exigencias de la música.

Archivo Musical

Un repositorio musical es un espacio de almacenamiento que reúne y salvaguarda compilaciones de recursos musicales, que abarca desde grabaciones y partituras hasta libros, fotografías y otros elementos vinculados a la música. Estos repositorios, que pueden ser de acceso público o privado, se orientan principalmente hacia la preservación y la facilitación del acceso a la riqueza musical con fines de estudio e investigación (Bolaños, 2005).

La gestión de los archivos musicales suele estar a cargo de bibliotecas, museos, universidades e instituciones culturales que cuentan con personal especializado en la conservación y el

manejo de colecciones musicales. Estos archivos albergan una variedad de materiales, que abarcan desde grabaciones y partituras hasta libros y fotografías, y desempeñan un papel fundamental en la preservación y difusión de la herencia musical (Estrada, 2021):

-  Grabaciones de música en diferentes formatos (vinilo, CD, cinta magnética, etc.)
-  Partituras, manuscritos y libros sobre música y compositores
-  Fotografías, carteles y otros objetos relacionados con la música
-  Instrumentos musicales antiguos y raros
-  Archivos personales de músicos, compositores y otros profesionales del mundo de la música.

Historia Musical

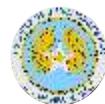
La historia de la música se refiere al estudio y la investigación de la evolución y el desarrollo de la música a través del tiempo y del espacio (Piñeiro, 2004).

La historia musical engloba tanto la música en épocas antiguas como la contemporánea, se centra en los aspectos culturales, sociales, políticos y tecnológicos que han tenido un impacto en la composición y la interpretación de la música.

Repertorio

El repertorio musical se define como un conjunto de composiciones que son susceptibles de ser interpretadas o que han sido ejecutadas en un contexto específico por un intérprete o conjunto musical en particular. En esencia, el repertorio representa la colección de obras musicales que un músico o grupo tiene a su disposición para ofrecer en presentaciones o actuaciones (García, 2014).

El repertorio constituye un elemento esencial en la labor de todo músico o conjunto, al proveer una gama diversificada de alternativas musicales y posibilitar la adecuación a las preferencias y requerimientos tanto del público como del evento en cuestión. Adicionalmente, el repertorio se erige como una fuente inspiradora y creativa para los músicos, al brindarles la oportunidad de





explorar distintos estilos y enfoques en su interpretación artística. (Ramírez, 2022).

Partidura

La partitura es una notación musical que representa gráficamente la música escrita para una o varias voces o instrumentos. La partitura es una forma de escritura musical que permite al músico leer y tocar una pieza musical de manera precisa y coherente con la intención original del compositor (Gaviria, 2015).

La partitura incluye una serie de símbolos y signos musicales que representan el tono, la duración, el ritmo, la dinámica y otros aspectos de la música. Estos símbolos y signos se colocan en una serie de líneas y espacios llamados pentagramas, que representan la altura de las notas musicales (Corral, 2019).

Metadatos

Los metadatos corresponden a la información que se utiliza para describir y proporcionar un contexto sobre un archivo o conjunto de datos. Los metadatos pueden incluir detalles como el título del archivo, el autor, la fecha de creación, la ubicación geográfica, el tipo de archivo, las palabras clave y la descripción del contenido (CEPAL, 2020).

Los metadatos pueden ayudar a los usuarios a encontrar y organizar archivos y datos en función de sus necesidades específicas. Por ejemplo, los metadatos en una biblioteca digital pueden ayudar a los usuarios a buscar y encontrar información relevante en función de palabras clave o términos específicos. Los metadatos también pueden proporcionar información importante sobre la autenticidad, la confidencialidad y la integridad de los datos (Raventos, 2009).

II. METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A. Enfoque mixto

En el caso de la organización del repertorio de una banda sinfónica, se utilizó una sistematización retrospectiva basada en las experiencias de los eventos, conciertos o una serie de ensayos que se realizan.

Los actores participantes llevaron a cabo observaciones directas junto al director y los músicos, facilitando encuentros para deliberar sobre los aspectos a fortalecer y aquellos susceptibles de mejora en el repertorio.

El enfoque mixto es un tipo de metodología de investigación que combina elementos de enfoques cuantitativos y cualitativos en un solo estudio. Según Hernández & Mendoza (2018), el enfoque mixto se puede definir como aquel que implica la recopilación, análisis e integración de datos tanto cuantitativos como cualitativos en un solo estudio o en una serie de estudios interconectados, con la finalidad de obtener una comprensión más profunda de un problema de investigación complejo.

En el proyecto de recopilación y actualización digital de repertorio de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA, un enfoque mixto permitió combinar datos cuantitativos y cualitativos, proporcionando una comprensión más exhaustiva de la situación actual de las bandas sinfónicas.

B. Alcance Descriptivo

Según Hernández & Mendoza (2018), el alcance descriptivo se refiere específicamente a la identificación y explicación de las propiedades significativas de individuos, grupos, comunidades u otros fenómenos que están siendo sometidos a análisis. De este modo, tiene como objetivo explorar y comprender el problema de investigación en mayor profundidad.

En el proyecto de recopilación y actualización digital del repertorio de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA, se llevó a cabo un proceso exhaustivo de revisión de fuentes secundarias, incluyendo registros de presentaciones anteriores y catálogos de piezas musicales, con el propósito de identificar las piezas más destacadas dentro del repertorio.

Además, durante esta pasantía se emplearon diversas herramientas de recolección de información, tales como listas de verificación diseñadas específicamente para evaluar la calidad interpretativa, observaciones directas en





ensayos y presentaciones en vivo, así como entrevistas con los directores y músicos involucrados.

Esta combinación de métodos permitió obtener una visión completa y detallada del repertorio y su interpretación, contribuyendo a una comprensión profunda de la dinámica musical y la toma de decisiones en cuanto a las piezas seleccionadas.

C. *Diseño transversal descriptivo*

A continuación, se presenta un diseño de investigación del proyecto para la Recopilación y actualización digital de repertorio de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA:

Tabla 1. Etapas de diseño

Etapa	Característica	Descripción de desarrollo
Etapa 1	Identificación del problema	El problema a resolver es la falta de un repertorio organizado y disponible en formato digital para las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA.
Etapa 2	Metodología	Realizar una revisión exhaustiva del repertorio actual de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA, para la gestión bibliográfica. Crear una base de datos que incluya información sobre una pieza musical.
Etapa 3	Diagnóstico	Revisión de la observación directa y entrevistas bajo un enfoque de muestreo no probabilístico, bajo criterio de los pasantes.
Etapa 4	Seleccionar y digitalizar	Las piezas musicales para incluirlas en el repositorio digital.

Fuente: Elaboración propia

Este diseño abordó de forma completa la problemática de la ausencia de un repertorio digital organizado, proporcionando una solución que permita optimizar la gestión, acceso y disponibilidad de las piezas musicales para las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA.

Cada etapa del proceso se diseñó cuidadosamente para garantizar la recopilación precisa, la creación de una base de datos detallada y la digitalización adecuada de las obras, con el propósito de contribuir al enriquecimiento de la actividad musical y cultural de estas instituciones.

D. *Método transversal descriptivo*

Este diseño, implicó la recopilación y análisis de datos en un momento específico en el tiempo, con el propósito de describir y caracterizar detalladamente el contenido y las características de las piezas musicales incluidas en dicho repertorio.

Para llevar a cabo este diseño, se recopilaron datos de diversas fuentes secundarias, como registros de presentaciones anteriores y catálogos de piezas musicales, con el objetivo de identificar las obras más relevantes y representativas. Además, se aplicaron herramientas de recolección de información, tales como listas de verificación y observación directa durante ensayos y presentaciones en vivo.

Mediante esta metodología, se logró una comprensión profunda y precisa del repertorio digital, su composición, géneros musicales, dificultades interpretativas y elementos distintivos. Este enfoque descriptivo permitió documentar de manera completa y sistemática la selección y organización de las piezas musicales en el repertorio digital, lo que a su vez contribuyó a su posterior gestión y acceso para fines de estudio e interpretación musical.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. *Entrevista con técnicos músicos*

Se llevaron a cabo entrevistas con técnicos músicos de ambas bandas con el fin de adquirir una comprensión más detallada sobre la gestión de los repertorios y para identificar las necesidades vinculadas a su organización y accesibilidad.

La música desempeña un papel de gran relevancia como expresión artística. En este contexto, las bandas sinfónicas desempeñan un papel fundamental al contribuir a la promoción y difusión de la música en vivo. Su presencia se torna especialmente significativa en eventos y celebraciones llevados a cabo en la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC).





En este contexto, la EMAVI y ESUFA cuentan con bandas sinfónicas que han contribuido significativamente a la cultura musical para la FAC. Sin embargo, se identificó que estas bandas carecen de un repertorio organizado y disponible en formato digital, lo que dificulta su práctica musical y su acceso a nuevas piezas musicales.

Un archivo digital actualizado y organizado también mejoró la cohesión y la comunicación dentro de la banda. Los músicos pueden tener acceso a información importante sobre las piezas que se interpretarán, como la afinación, el tempo y los cambios de dinámica, los cuales permiten trabajar juntos de manera más efectiva para lograr una interpretación coherente y de alta calidad.

En la tabla 2, se dan a conocer los resultados de la entrevista realizada a la T3. Callejas Lamprea Angie Alejandra. Un archivo digital de repertorio podría enriquecer la calidad de la práctica musical de las bandas sinfónicas. Al contar con un repertorio amplio y actualizado, los músicos y directores tendrían acceso a una variedad de piezas de calidad, mejorando así su técnica y habilidad interpretativa. Esto, a su vez, contribuiría a elevar la calidad de las presentaciones musicales de las bandas.

Tabla 2. Entrevista 1

Entrevista	
Pregunta	Respuesta
1. ¿Cuál es la situación actual del repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA?	Es común que las bandas sinfónicas tengan un repertorio variado que incluya obras clásicas y contemporáneas, especialmente para apoyar las marchas y actividades culturales. En el repertorio para ceremonias militares varía según el evento militar y el tipo de ceremonia son destinadas por el director. En general, se seleccionan piezas musicales que tengan un tono solemne y digno para reflejar el carácter formal de la ceremonia. Algunas de las piezas más comunes en este tipo de eventos incluyen: <div style="margin-left: 20px;">  "El himno nacional" del país en cuestión  "La marcha de la coronación" de Edward Elgar </div>

-  "La marcha Radetzky" de Johann Strauss Sr.
-  "La marcha triunfal de Aida" de Giuseppe Verdi
-  "La marcha de la infantería ligera" de Franz von Suppé
-  "La marcha real" de George Frideric Handel
-  "Taps" (tocata de silencio) es una canción que se utiliza para honrar a los militares caídos en combate.

2. ¿Cómo adquieren las partituras y las piezas musicales las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA?
¿Hay algún proceso de selección de repertorio?

Se toman las partituras de música de editores de música y son adaptadas a las bandas sinfónicas de la FAC. Se aprovechan las habilidades del director y de otros editores de música que ofrecen las partituras a las bandas y son adquiridas por la FAC.

3. ¿Qué problemas o dificultades han experimentado los músicos y el director de las bandas sinfónicas debido a la falta de un repertorio organizado y disponible en formato digital?

La selección del repertorio es un proceso crítico y puede ser desafiante para el director de la banda, ya que se debe considerar el nivel de habilidad de los músicos, el interés del público y la disponibilidad, si se tiene digital es más eficiente la organización y distribución.
Los músicos de la banda sinfónica pueden tener dificultades para ensayar y preparar el repertorio en el tiempo asignado, debido a que olvidan los documentos, especialmente si tienen otros compromisos como trabajo. Algunas piezas pueden ser muy difíciles de interpretar, lo que puede ser un desafío para los músicos de la banda sinfónica, especialmente si son principiantes o tienen poca experiencia.

4. ¿Qué estrategias han implementado para solucionar estos problemas o dificultades?

Para solucionar los problemas y dificultades que pueden surgir en la organización del repertorio de las bandas sinfónicas, se pueden implementar diferentes estrategias. Planificación cuidadosa: Es importante planificar con anticipación la selección del repertorio, el calendario de ensayos y la disponibilidad de partituras de música.
Esto puede ayudar a reducir el estrés y la ansiedad para los músicos y asegurarse de que estén preparados para las presentaciones.





Comunicación efectiva: El director debe comunicarse de manera efectiva con los músicos de la banda para asegurarse de que estén informados sobre el repertorio, los ensayos y los detalles de las presentaciones. La retroalimentación constructiva también puede ayudar a los músicos a mejorar su interpretación y prepararse mejor para las presentaciones.

Selección de repertorio

adecuado: Es importante que el director seleccione un repertorio adecuado que se adapte al nivel de habilidad de los músicos y que sea variado en términos de género, época y estilo musical.

5. ¿Por qué es importante una plataforma digital que permita recopilar y actualizar el repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA?

Una plataforma digital que permita recopilar y actualizar el repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA es importante por varias razones:

Un archivo digital permitiría que toda la información sobre el repertorio de las bandas sinfónicas

Un archivo digital permitiría que toda la información sobre el repertorio de las bandas sinfónicas se encuentre en un solo lugar. Esto facilitaría el acceso y la consulta de la información para el director de la banda, los músicos y cualquier otra persona interesada.

Un archivo digital facilitaría el proceso de selección del repertorio, ya que el director de la banda y los músicos pueden consultar la información de manera rápida y eficiente.

El archivo digital permitiría una comunicación efectiva entre el director de la banda y los músicos, ya que se puede enviar información importante, como cambios en el repertorio, directamente a través de la plataforma.

6. ¿Qué características debería tener esta plataforma para que sea útil y funcional?

En cuanto a las características que debería tener esta plataforma para que sea útil y funcional, algunas de ellas podrían ser:
Interfaz amigable: La plataforma debe tener una interfaz fácil de usar y navegar, para que los usuarios puedan acceder a la información de manera rápida y sencilla.

Actualización en tiempo real: La plataforma debe permitir la actualización en tiempo real del repertorio, para que la información esté siempre actualizada y disponible para los usuarios.

7. ¿Cómo podría un archivo digital contribuir a la calidad de la práctica musical de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA?

Un archivo digital de repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA podría contribuir significativamente a la calidad de la práctica musical de varias maneras: Un archivo digital actualizado y organizado permitiría a los directores de las bandas y a los músicos tener acceso a una amplia selección de piezas de calidad para incluir en su repertorio. Al tener acceso a una variedad de piezas de calidad, los músicos pueden mejorar su técnica y su habilidad interpretativa, lo que a su vez contribuiría a la calidad de las presentaciones de la banda.

Nota: Se presentan los resultados de la entrevista 1, para el diagnóstico de la situación actual.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se pueden ver los resultados de la entrevista realizada al T1. Paéz Moreno Cesar Hernando.

Es así como, la plataforma digital propuesta podría tener un impacto significativo en la calidad de la práctica musical de las bandas sinfónicas. Por un lado, facilitaría la preparación de las presentaciones al proporcionar una lista completa y actualizada de las piezas a interpretar, permitiendo que los músicos practiquen de manera más efectiva. No obstante, al brindar acceso a información detallada sobre afinación, tempo y dinámica, podría mejorar la cohesión y la interpretación conjunta de la banda.

En conclusión, la entrevista con los técnicos músicos de la EMAVI ha resaltado la relevancia de contar con un repertorio organizado y digitalizado para las bandas sinfónicas. Esta medida no solo mejoraría la gestión y comunicación interna de la banda, sino que también contribuiría a elevar la calidad y la cohesión de las presentaciones musicales, enriqueciendo así la experiencia tanto de los músicos como del público.

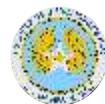




Tabla 3. Entrevista 2

Entrevista EMAVI	
Pregunta	Respuesta
1. ¿Cuál es la situación actual del repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA?	<p>La banda sinfónica debe ser capaz de interpretar piezas musicales de alta calidad y ofrecer presentaciones musicales de gran nivel. Esto implica que los músicos deben tener habilidades técnicas sólidas, buen oído y capacidad para trabajar en equipo y coordinarse para crear una interpretación coherente.</p> <p>La banda sinfónica cuenta con un repertorio amplio y diverso que un incluya piezas de diferentes géneros, estilos y épocas. Esto permite explorar diferentes formas de música y enriquecer su experiencia musical.</p>
2. ¿Hay algún proceso de selección de repertorio?	<p>Sí, generalmente las bandas sinfónicas cuentan con un proceso de selección de repertorio que se lleva a cabo de manera colaborativa entre el director y los miembros de la banda.</p> <p>El director y los miembros de la banda definen los objetivos y criterios para la selección de repertorio.</p> <p>El director y los músicos realizan una investigación exhaustiva sobre las piezas musicales disponibles, revisando partituras, grabaciones y recomendaciones de otros músicos y directores. Luego, se seleccionan las piezas que mejor se ajustan a los objetivos y criterios previamente definidos.</p> <p>La banda ensaya las piezas seleccionadas, evaluando su dificultad técnica y su calidad musical.</p>
3. ¿Qué problemas o dificultades han experimentado a la falta de un repertorio organizado y disponible en formato digital?	<p>La falta de un repertorio organizado puede dificultar la coordinación y comunicación entre los miembros miembros de la banda y el director.</p> <p>Esto puede llevar a confusiones y errores en la selección de repertorio y en la planificación de ensayos y presentaciones. Un archivo digital actualizado y organizado también podría fomentar la exploración de</p>

diferentes estilos y géneros musicales. Los músicos tendrían acceso a una variedad de piezas de diferentes épocas y culturas, lo que les permitiría ampliar su conocimiento y experiencia musical. Esto, a su vez, podría enriquecer su práctica musical y contribuir a la calidad de las presentaciones de la banda.

4. ¿Qué estrategias, podrían surgir con un repertorio digital?

Permite a los usuarios buscar por por título de la pieza, compositor, género musical, entre otros criterios.

El archivo digital debe tener una función de comunicación que permita al director de la banda enviar información importante a los músicos de manera rápida y eficiente.

6. ¿Cómo podría esta plataforma digital contribuir a la calidad de la práctica musical de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA?

Facilitaría la preparación de las presentaciones, un archivo digital actualizado y organizado también permitiría a los directores de las bandas y a los músicos prepararse de manera más eficiente para las presentaciones. Al tener acceso a una lista completa y actualizada de las piezas que se interpretarán en cada presentación, los músicos pueden practicar y prepararse de manera más efectiva, lo que contribuiría a la calidad de las presentaciones de la banda.

Un archivo digital actualizado y organizado también podría mejorar la cohesión y la comunicación dentro de la banda.

Los músicos pueden tener acceso a información importante sobre las piezas que se interpretarán, como la afinación, el tempo y los cambios de dinámica, lo que les permitiría trabajar juntos de manera más efectiva para lograr una interpretación coherente y de alta calidad.

Nota: *Se presentan los resultados de la entrevista 2, para el diagnóstico de la situación actual.*

Fuente: Elaboración propia





B. Análisis situacional actual

La carencia de repertorios digitales puede tener un impacto adverso en la calidad y la ejecución musical de las bandas sinfónicas. Asimismo, la ausencia de acceso a repertorios digitales puede conllevar desafíos para la identificación de nuevas piezas musicales a interpretar y para acceder a partituras de alta calidad. Además, la falta de repertorios digitales podría restringir la capacidad de las bandas para difundir su música y para alcanzar audiencias más extensas.

De este modo, la lista de situaciones que se pueden presentar ante la ausencia de un repertorio digital se reseña en la tabla 4, donde se establece el análisis de la falta de repertorios digitales en las bandas sinfónicas, lo cual revela una serie de desafíos y limitaciones que pueden afectar significativamente su funcionamiento y calidad musical. Uno de los problemas más evidentes es la falta de variedad en el repertorio, ya que sin un sistema organizado que permita la selección y preparación eficiente de piezas, la banda puede encontrarse limitada en cuanto a la diversidad musical que puede ofrecer en sus presentaciones.

Tabla 4. Análisis situacional ausencia de repertorio

Causa	Observación
Falta de variedad	Sin un repertorio organizado, la banda puede tener dificultades para seleccionar y preparar piezas para su repertorio, lo que puede limitar la variedad de música que pueden tocar.
Dificultades de coordinación	La falta de un repertorio organizado puede hacer que sea más difícil para los miembros de la banda coordinar sus esfuerzos y trabajar juntos de manera efectiva.
Limitaciones en la promoción y el crecimiento	Las bandas sinfónicas a menudo dependen de la variedad y calidad de su repertorio para atraer a nuevos miembros y audiencias. Sin repertorios organizados, la banda puede tener dificultades para demostrar su habilidad y versatilidad a los potenciales nuevos miembros y audiencias.
Falta de preparación adecuada	La falta de un repertorio organizado puede limitar la capacidad de la banda para prepararse adecuadamente para presentaciones en vivo o grabaciones de música.

Limitaciones en la colaboración y competencia	La falta de un repertorio organizado puede limitar la capacidad de la banda para competir y colaborar con otras bandas y grupos musicales.
Pérdida de tiempo	La ausencia de un repertorio organizado puede llevar a la banda a gastar tiempo buscando piezas y coordinando ensayos en lugar de enfocarse en la práctica y el perfeccionamiento de su música.
Dificultades de comunicación	La falta de un repertorio organizado puede llevar a confusión y poca comunicación entre los miembros de la banda y su director en cuanto a qué piezas se tocarán y cuándo se ensayarán.

Nota: *Diagnóstico de la situación actual.*

Fuente: Elaboración propia

La carencia de un repertorio organizado puede obstaculizar la capacidad de los músicos para trabajar en conjunto y sincronizar sus interpretaciones de manera efectiva, lo que puede comprometer la calidad general de la música que producen.

Las dificultades de comunicación también son un problema latente, por cuanto la carencia de un repertorio organizado puede generar confusión y malentendidos entre los miembros de la banda y el director sobre qué piezas se tocarán y cuándo se ensayarán, lo que puede resultar en una falta de cohesión en las interpretaciones musicales.

Actualmente, las dos bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA se utilizan las partituras del repertorio de Sousa (s.f) militar por varias razones. En primer lugar, como compositor y director de bandas militares, John Philip Sousa, renombrado compositor y director, dejó un legado musical invaluable al componer numerosas marchas y piezas que se han erigido como clásicos emblemáticos en el repertorio de las bandas militares a nivel global. Entre estas composiciones, destacan joyas como "The Stars and Stripes Forever", "Semper Fidelis" y "The Washington Post", obras referenciadas por su estilo único y su enérgica vitalidad.

Adicionalmente, la destreza de Sousa (s.f) radicaba en su capacidad para concebir melodías que se fusionaban de manera armoniosa con el sonido característico y la instrumentación de las bandas militares. Sus





arreglos y composiciones fueron meticulosamente diseñados para optimizar el impacto emocional de la música, convirtiéndolos en una elección ideal para las ceremonias y eventos donde estas bandas desempeñan su papel.

El repertorio militar de Sousa resuena profundamente debido a la adaptabilidad de muchas de sus piezas a la instrumentación propia de una banda sinfónica. Actualmente, la relación entre las notas musicales y las marchas militares sigue siendo una manifestación vívida de este legado.

A continuación, en la tabla 5 se presenta un análisis detallado de una serie de marchas compuestas por Juan Felipe Sousa (s.f), que se han convertido en clásicos venerados por las bandas militares de todo el mundo.

Estas composiciones, que abarcan desde 1879 hasta 1917, destacan por su estilo distintivo y su impacto duradero en el mundo de la música militar y patriótica. Cada marcha encapsula un sentido único de identidad y propósito, y sus títulos reflejan una gama diversa de influencias y significados.

Asimismo, cada marcha es un testimonio de la habilidad de Sousa (s.f) para fusionar melodías emotivas con una instrumentación que maximiza el impacto y la energía, lo que ha contribuido a su perdurable relevancia en el mundo de la música para bandas militares.

Tabla 5. Repertorio de marchas utilizado

No.	Marcha	Significado	Autor	Características
1	Beaulieu	Un pueblo francés	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1886, es una marcha animada con un fuerte sentido del ritmo.
2	Belle of Chicago	Una canción popular de la década de 1890.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1893, es una marcha ligera y juguetona con una melodía pegadiza.
3	Bon Voyage	Frase francesa que significa "buen viaje".	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1892, es una marcha brillante y optimista con una melodía altísima.

4	Bravery	Una virtud	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1896, es una marcha conmovedora con un fuerte sentido de propósito.
5	Crusader	Un guerrero religioso	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1888, es una marcha poderosa y majestuosa con un ritmo de conducción.
6	Flags of Freedom	Un símbolo de orgullo nacional.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1892, es una marcha patriótica con una melodía conmovedora.
7	From Maine to Oregon	Los nombres de dos estados americanos.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1888, es una marcha vigorosa con un fuerte sentido del impulso.
8	High School Cadets	Un tipo de organización juvenil.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1891, es una marcha viva y enérgica con una melodía pegadiza.
9	King Cotton	Un símbolo de la economía sureña	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1894, es una marcha poderosa y dramática con un ritmo de conducción.
10	National Emblem	La bandera americana	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1893, es una marcha patriótica con una melodía altísima.
11	National Fencib	Un tipo de milicia	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1887, es una marcha viva y enérgica con una melodía pegadiza.
12	New Colonial	Un nuevo tipo de organización militar	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1897, es una marcha vigorosa con un fuerte sentido del impulso.

No.	Marcha	Significado	Autor	Características
13	On Meadow	Un tipo de campo	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1894, es una marcha ligera y juguetona con una melodía pegadiza.
14	On Square	Una especie de plaza pública.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1890, es una marcha viva y enérgica con una melodía pegadiza.
15	Our Flirtations	Un tipo de interacción social.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1879, es una marcha ligera y juguetona con una melodía pegadiza.
16	Chopper	Un tipo de vehículo militar.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1917, es una marcha vigorosa con un fuerte sentido del impulso.





17	Right Forward	Un comando militar	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1888, es una marcha poderosa y dramática con un ritmo de conducción.
18	Semper Fidelis	Siempre fiel	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1888, es la marcha oficial del Cuerpo de Marines de los Estados Unidos. Es una marcha conmovedora y patriótica con una melodía altísima.
19	Sound Off	Un comando militar	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1892, es una marcha viva y enérgica con una melodía pegadiza.
20	The Corcoran Cadets	Una especie de academia militar.	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1888, es una marcha poderosa y dramática con un ritmo de conducción.
21	The Gladiator	Un tipo de soldado romano	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1896, es una marcha vigorosa con un fuerte sentido del impulso.
22	The Western	Una región de los Estados Unidos	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1896, es una marcha viva y enérgica con una melodía pegadiza.
23	Thunderer	Un tipo de cañón	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1889, es una marcha poderosa y dramática con un ritmo de conducción.
24	Under the Double Eagle	Un símbolo del Imperio Austro Húngaro	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1894, es una marcha vigorosa con un fuerte sentido del impulso.
25	Vanished Army	Una referencia a la Guerra Civil Americana	Juan Felipe Sousa	Compuesta en 1891, es una marcha poderosa y dramática con un ritmo de conducción.

Nota: Marchas utilizadas en EMAVI y ESUFA actual.

Fuente: Elaboración propia

En el marco de esta investigación, se presenta un análisis detallado de una selecta colección de piezas musicales que han dejado una marca perdurable en el repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA. Estas composiciones, que abarcan desde himnos nacionales hasta obras especiales, no solo son ejemplos de creatividad artística, sino también reflejos de la identidad y la historia cultural.

En la tabla 5 se presenta un enfoque meticuloso, al explorar las características distintivas de cada pieza, sus géneros, autores y composiciones, así como su significado en el contexto de las bandas sinfónicas especialmente los himnos que se interpretan en EMAVI y ESUFA.

Tabla 6. Himnos que se interpretan

Pieza musical	Género	Autor o Compositor	Característica
Himno Nacional de Colombia	Himno	Rafael Núñez, José Caicedo Rojas	Es una canción patriótica que se toca en actos oficiales. Fue compuesta en 1887.
Himno al Valle del Cauca	Himno	Guillermo Valencia, Antonio María Valencia	Es una canción patriótica que celebra la historia y la cultura de la región del Valle del Cauca. Fue compuesta en 1903
Himno de Santiago de Cali	Himno	Jorge Isaacs, Enrique Olaya Herrera	Es una canción patriótica que celebra la historia y la cultura de la ciudad de Santiago de Cali. Fue compuesta en 1893
Himno de la Fuerza Aeroespacial Colombiana	Himno	Rafael Hernández	Es una canción patriótica que celebra la historia y los logros de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Fue compuesta en 1940
Himno a la Policía Nacional de Colombia	Luis Carlos González	Carlos Vieco Ortiz	Un himno solemne y marcial con versos emotivos y agradecidos, llamando a la admiración y al respeto por la Policía Nacional de Colombia.

Nota: Himnos utilizadas en EMAVI y ESUFA actual.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se realiza un análisis exhaustivo de una selección diversa de piezas musicales que han dejado una huella significativa en el repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA. Entre estas composiciones se incluyen himnos especiales, cada uno con su propio mensaje y contexto musical único.

Tabla 7. Himnos especiales

Pieza musical	Género	Autor o Compositor	Característica
Himno al silencio	Luis Guillermo Restrepo	Jaime R. Echavarría	Una llamada a la reflexión y la meditación, con versos y música suaves y relajantes.





Himno a la bandera	Rafael Núñez	José Domingo Torres	Un himno patriótico con versos y música vibrantes y emocionantes, llamando a la unidad y defensa de la patria.
--------------------	--------------	---------------------	--

Nota: Himnos utilizadas en EMAVI y ESUFA actual.

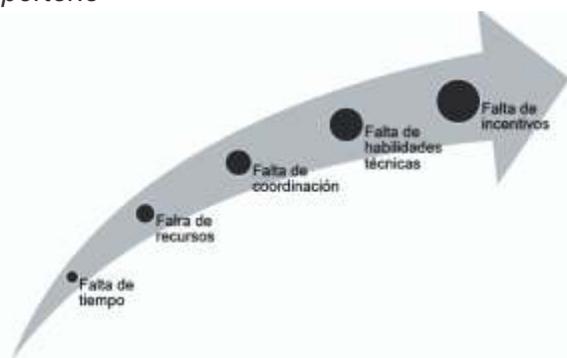
Fuente: Elaboración propia

Las partituras de Sousa fueron adaptadas fácilmente a diferentes instrumentos con diferentes combinaciones para crear el repertorio de melodías de la FAC, lo que hace que su música sea versátil y adecuada para una amplia variedad de configuraciones de las bandas de EMAVI y ESUFA.

En el proceso de recolección de información, se emprendió la tarea de identificar las posibles causas subyacentes a la falta de organización y accesibilidad de los repertorios musicales en las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA, como se presenta en la Figura 1.

Entre las causas identificadas se encuentran la limitación de recursos disponibles, la restricción de tiempo y la carencia de conocimientos y habilidades técnicas necesarias para llevar a cabo una gestión efectiva de los repertorios. Estos factores constituyen elementos fundamentales para entender los desafíos que enfrentan las bandas en la optimización y aprovechamiento de su repertorio musical.

Figura 1. Causas de la falta de organización repertorio



Fuente: Elaboración propia

La ausencia de un repertorio digital en las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA se puede atribuir a diversas problemáticas que influyen en su implementación. Una de ellas es la falta de

tiempo, donde las responsabilidades y compromisos existentes pueden limitar el espacio para abordar la tarea de desarrollar y mantener un repertorio digital.

Además, la falta de coordinación entre los miembros de la banda y la dirección puede obstaculizar el proceso de implementación. Sin una comunicación fluida y un plan conjunto, es difícil llevar a cabo la transición hacia un repertorio digital de manera efectiva.

Además, surge la problemática de la subutilización de herramientas digitales para la selección y preparación de piezas dentro del repertorio. Esta situación puede impactar de manera adversa en la calidad de las interpretaciones y en el nivel de destreza de los músicos. Sin un repertorio organizado, los miembros de la banda pueden tener dificultades para coordinar sus esfuerzos y para trabajar juntos de manera efectiva.

C. Digitalización de información

El repertorio de las bandas sinfónicas de la FAC) ha sido digitalizado, capturando meticulosamente la melodía y partitura de cada instrumento que participa en cada canción. Esta transformación de material físico a digital del repertorio asegura que los arreglos musicales se conserven y sean de fácil acceso para los talentosos músicos que forman parte de estas prestigiosas bandas.

Al digitalizar el repertorio, la FAC tiene como finalidad potenciar la eficiencia y la comodidad de los ensayos, actuaciones y colaboraciones, al tiempo que conserva la valiosa herencia musical de las bandas sinfónicas. Este avance de digitalización de información permite una sincronización y coordinación perfectas entre los diferentes instrumentos, lo que permite una experiencia musical armoniosa y cautivadora tanto para los artistas como para el público.

Para llevar a cabo la digitalización correspondiente del repertorio, se consideraron varias etapas cruciales. En primer lugar, se procuró obtener las partituras de cada marcha en formato digital. Posteriormente, se llevó a cabo la organización meticulosa de estas partituras,





clasificándolas por instrumento y marcha militar correspondiente, con el fin de ajustar las partituras a las necesidades específicas de cada instrumento, así como, se procedió a realizar personalizaciones adecuadas.

Finalmente, se estableció un sistema de organización que permitiera almacenar y compartir de manera accesible las partituras digitales con los músicos de la banda, asegurando así la disponibilidad y facilidad de acceso a la información.

Con el propósito de brindar un acceso sencillo a la información sobre las marchas militares de la banda sinfónica, se emplea un enlace que conduce a una carpeta. En esta carpeta, cada marcha militar está meticulosamente organizada en orden alfabético; con el fin de acceder a dicho contenido, se requiere una solicitud de ingreso que será gestionada por los creadores del contenido digital, es decir, los autores.

Dentro de este enlace, se encuentra un conjunto de carpetas específicas, cada una correspondiente a una marcha militar o himno en particular. Si se desea acceder a esta carpeta y explorar las partituras digitales, se comparte un acceso por Share Point, a fin de visualizar dicha organización.

El "Mosaico del Repertorio Digitalizado de Marchas" es una representación gráfica que encapsula la organización y accesibilidad del repertorio de marchas militares digitalizado. En la Figura 2, se visualiza un conjunto de carpetas dispuestas en un formato de mosaico, cada una de ellas correspondiente a una marcha militar específica.

Cada carpeta contiene las partituras digitales y la información detallada sobre la respectiva marcha. Este enfoque garantiza un acceso eficiente y ordenado a la información musical, lo que facilita la preparación y ejecución de las piezas por parte de los músicos de la banda.

Figura 2 Mosaico del repertorio digitalizado marchas



Fuente: Elaboración propia

El "Mosaico del Repertorio Digitalizado de Himnos", representado en la Figura 3, es una visualización que demuestra la organización y accesibilidad del repertorio de himnos en formato digital. En esta representación gráfica, se observa una disposición de carpetas dispuestas en un patrón de mosaico, cada una correspondiente a un himno específico.

Cada carpeta contiene las partituras digitales y los detalles particulares de cada himno. Esta estructura visual facilita el acceso rápido y ordenado a la información, lo que simplifica la preparación y la interpretación de estos himnos por parte de los músicos de la banda.

Figura 3 Mosaico del repertorio digitalizado himnos



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en la Figura 4, se destaca el "Contenido de Cada Marcha Militar". En este apartado, se proporciona una visión más detallada de cómo se encuentra organizada la información para cada marcha militar en particular.

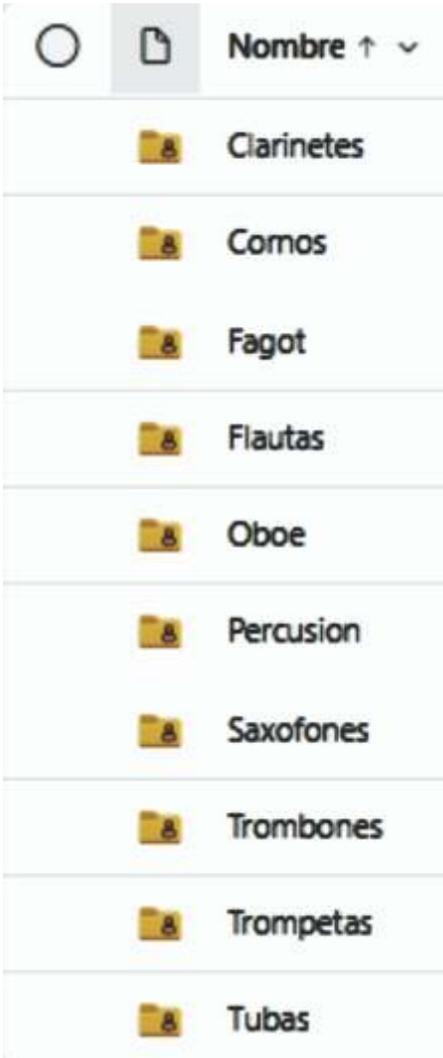
Se presenta la partitura correspondiente a cada instrumento involucrado en la interpretación de la marcha militar, lo que facilita la comprensión de los diferentes roles musicales y la cohesión del conjunto.





Esta estructuración y accesibilidad de las partituras por instrumento son esenciales para que cada músico pueda enfocarse en su contribución específica y lograr una ejecución musical de alta calidad.

Figura 4 Contenido de cada marcha militar

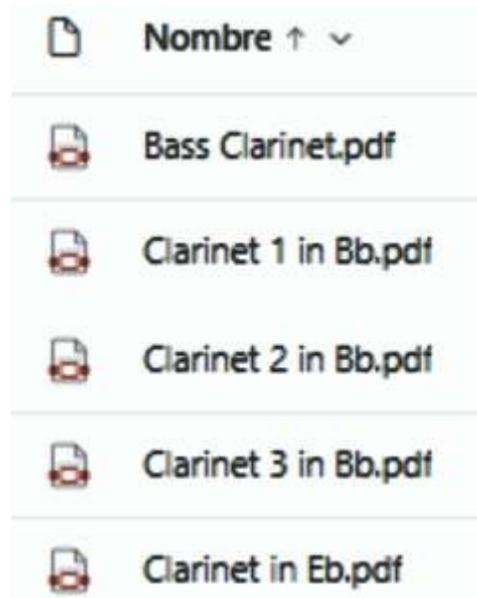


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5 se presenta una visualización de las partituras correspondientes a cada instrumento en formato PDF, así como la cantidad requerida de cada instrumento para su ejecución por cada músico.

Esta estructuración permite una distribución eficiente de las responsabilidades y asegura una interpretación armoniosa y sincronizada. Cada músico tendrá acceso a la información relevante para su instrumento, lo que facilitará su preparación y contribución al conjunto musical.

Figura 5 Partidura en PDF para cada músico según el instrumento



Fuente: Elaboración propia

De esta manera la banda sinfónica va a localizar digitalmente, su documento correspondiente para cada músico; según el repertorio estandarizado que se utiliza para las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA. En este caso la Figura 6 muestra la partidura de la marcha “The Belle of Chicago”, de Sousa (s.f) para el músico que toca el 2nd Bb Clarinete.

Figura 6 Partidura 2nd Bb Clarinete marcha The Belle of Chicago



Fuente: Adaptado de material físico y documental.





Una vez concluida la digitalización del repertorio de las bandas sinfónicas de la FAC, este se encuentra disponible en un sitio web específicamente diseñado para tal propósito. Este sitio web no solo resulta esencial para la preservación y la organización del repertorio musical de marchas e himnos de la FAC, sino que también garantiza un acceso más fluido y accesible tanto para músicos como para investigadores.

Esta iniciativa contribuye significativamente a mantener una organización adecuada del repertorio musical mejorando las deficiencias actuales en cuanto a la localización de información para ensayos, ceremonias y eventos de las bandas.

En última instancia, este enfoque facilita una mayor eficacia en la práctica musical y en la preparación de las presentaciones, al tiempo que refuerza la investigación y el estudio de la rica tradición musical de las bandas sinfónicas de EMAVI y la ESUFA.

Al tener las partituras de manera digital, se puede acceder a ellas fácilmente y compartirlas con los miembros de las bandas sinfónicas de manera rápida y eficiente. Asimismo, brinda la flexibilidad de realizar ajustes y actualizaciones en tiempo real, lo que optimiza la organización de las marchas e himnos.

La organización del repertorio permite a la banda sinfónica seleccionar y preparar adecuadamente las obras que se van a interpretar en un concierto o evento que tenga asignado durante su jornada (Valero, 2007). La adecuada organización del repertorio desempeña un papel crucial al facilitar la eficiencia operativa de la banda sinfónica, al mismo tiempo que contribuye a la implementación efectiva de enseñanzas artísticas, tal como el autor sugiere (Monteagudo et al., 2022).

En conclusión, la propuesta de una herramienta digital proporciona una valiosa perspectiva general sobre las interpretaciones pasadas y futuras, contribuyendo así a mantener un equilibrio y diversidad en el repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA.

IV. CONCLUSIONES

En conclusión, un archivo digital de repertorio de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA puede contribuir significativamente a la calidad de la práctica musical al facilitar la selección de piezas de calidad, fomentar la exploración de diferentes estilos y géneros musicales, facilitar la preparación de las presentaciones y mejorar la cohesión y la comunicación dentro de la banda.

Cada marcha militar o himno incluye las partituras individuales de cada instrumento, así como la partitura para el director. Este enfoque permite que los músicos de las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA accedan a las partituras digitales a través de sus dispositivos electrónicos durante ensayos y presentaciones. Mantener una estructura organizada y clara en las carpetas es crucial para garantizar la facilidad de acceso y la localización de la información necesaria por parte de los músicos, especialmente cuando se realizan actualizaciones. Además, la implementación de un sistema de gestión de documentos asegura que las partituras digitales se almacenen y compartan de manera segura y accesible para todos los miembros de la banda.

La clasificación meticulosa de las partituras de acuerdo con criterios específicos ha permitido una búsqueda más eficiente y un mejor aprovechamiento del repertorio para las bandas sinfónicas de EMAVI y ESUFA.

Este procedimiento se ha revelado esencial para estructurar la información en un formato digital que promueve la toma de decisiones informadas en relación con ensayos y presentaciones. La digitalización no solo simplifica la administración de la información documental convencional en papel, sino que también brinda la oportunidad de explorar nuevas modalidades de interpretación y organización. Además de mejorar la difusión de la información, esta transición contribuye al constante enriquecimiento de la experiencia musical de los integrantes del personal.





La organización del repertorio de las Bandas Sinfónicas de EMAVI y ESUFA en un archivo digital conlleva una serie de ventajas cruciales. La accesibilidad mejorada a través de formatos digitales permite un acceso rápido y conveniente a las partituras, lo que a su vez agiliza la preparación para ensayos y presentaciones.

Este procedimiento se considera esencial para estructurar la información en un formato digital que promueva la toma de decisiones informadas en relación con ensayos y presentaciones. La digitalización no solo simplifica la gestión de la información documental convencional en papel, sino que también brinda la oportunidad de explorar nuevas modalidades de interpretación y organización. Además de mejorar la difusión de la información, esta transición contribuye al constante enriquecimiento de la experiencia musical de los integrantes del personal.

La adopción de un archivo digital también tiene implicaciones sostenibles al reducir la necesidad de imprimir y distribuir copias físicas. Esto no solo disminuye el consumo de recursos, sino que también contribuye a la reducción del desperdicio de papel y la huella ambiental general.

Así mismo, es importante considerar la expansión del repertorio digitalizado para incluir más recursos, como grabaciones de ensayos, guías de interpretación y análisis de piezas musicales. Esto enriquecerá aún más la experiencia musical y educativa de los músicos.

De este modo, establecer un sistema de respaldo confiable y seguro para todas las partituras y datos relacionados con el repertorio digital ayudará a prevenir la pérdida de información importante debido a posibles fallas tecnológicas o problemas de seguridad.

Sin embargo, al incentivar la participación y el uso constante del repositorio digital, se asegurará que la plataforma siga siendo una herramienta valiosa y central en la preparación y ejecución de presentaciones.

Actualizar permanentemente el repertorio digitalizado es de suma importancia. Conforme se añaden nuevas piezas o se realizan cambios en el repertorio existente, es esencial reflejar estas modificaciones en el sistema digital. Esto asegura que todos los miembros de la banda cuentan con un acceso a la información más reciente.

REFERENCIAS

- Bolaños, E. (2005). *La organización de archivos musicales: marco conceptual*. Inf. cult. soc. n.13 Ciudad Autónoma de Buenos Aires jul./dic.
- Brontons, S. (2007). *Las bandas sinfónicas de música: agrupaciones a potenciar*. Banda Municipal de Barcelona.
- Cabrelles, M. (2006). *Las emociones y la musica*. Biblioteca Miguel de Cervantes.
- Casas, B. M., & Rivas, C. L. (2013). *La escuela de música a partir de la banda sinfónica*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Castillo, C. (2018). *Fundamentos de preservación digital*. Min de cultura.
- CEPAL. (2020). *¿Qué son los metadatos?* Obtenido de <https://biblioguias.cepal.org/gestion-de-datos-de-investigacion/metadatos>
- Corral, M. (2019). *Sinestesias en la notación gráfica: lenguajes visuales para la representación del sonido*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Datos enlazados . (2023). *Sousa, John Philip*. Obtenido de <https://datos.bne.es/personal/XX897038.html>
- De Gainza, V. (2004). *La educación musical en el siglo XX*. Rev. music. chil. v.58 n.201 Santiago ene.
- Escuela de Suboficiales de su Fuerza Aérea Colombiana. (s.f.). *Banda sinfónica*. Obtenido de <https://www.esufa.edu.co/es/conozcanos/banda-sinfonica>
- Escuela Militar de Aviación. (s.f.). *Banda Sinfónica EMAVI*. Obtenido de <https://www.emavi.edu.co/es/conozcanos/banda-sinfonica>





- Estrada, M. (2021). *La música debe ser organizada: ¿Es un documento de Archivo*. Obtenido de <https://www.infotecarios.com/la-musica-debe-ser-organizada-es-un-documento-de-archivo/#.ZFaNiHZBzrc>
- García, E. (2014). *CLASIFICACIÓN Y VALORACIÓN DEL REPERTORIO MUSICAL*. Universidad de Valladolid.
- Gaviria, J. (2015). *Como se inventaron las notas musicales*. EAFIT.
- Gomez, D., & Hernandez, S. (2018). *Prácticas de oralidad desde una perspectiva dialógica con niños de grado segundo*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Gómez, G. A. (2018). *Propuesta metodológica para la formación musical en el formato de Banda de Marcha: Sistematización de una experiencia pedagógica en Bogotá, Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista. (2006). *Metodología de investigación*. Mc Graw Hill.
- Herrera, P., & Gomez, E. (2011). *Tecnologías para el análisis del contenido musical de archivos sonoros y para la generación de nuevos metadatos*. Boletín de la Asociación Española de Documentación Musical.
- Monteagudo, J., Carrascoa, C., & Hernandez, J. (2022). *Entre aula y escenario: estudio del repertorio sinfónico para banda en la especialidad de tuba de las Enseñanzas Artísticas Superiores de Música y en el acceso a las plantillas profesionales*. Universitat Politècnica de València, España.
- Moya, M., Marin, R., & Garcias, F. (2008). *150 AÑOS DE LA BANDA SINFÓNICA MUNICIPAL*. Ensayos, 2008 (15), 125-139.
- Orlandini, R. L. (2012). *La interpretación musical*. Rev. music. chil. vol.66 no.218 Santiago dic. .
- Panadero, S. (2021). *Patrimonio material e inmaterial: definición, diferencias y ejemplos*. Obtenido de <https://igeca.net/blog/389-patrimonio-material-e-inmaterial-definicion-diferencias-y-ejemplos>
- Piñeiro, J. (2004). *La musica como elemento de analisis historico*. HAOL, Núm. 5 (Otoño, 2004), 155-169.
- Ramirez, J. S. (2022). *Libertad, creatividad y despliegue del propio lenguaje musical: otros caminos para la enseñanza*. Universidad ICESI.
- Raventos, P. (2009). *Los metadatos: qué son y para que sirven*. Universitat de Lleida.
- Rebollo, C. M. (2017). *Un acercamiento al patrimonio cultural inmaterial su salvaguarda y patrimonialización*. Recuperado a partir de <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/campos/article/view/3848>.
- Rodriguez, V., Bordolli, M., & Diaz, A. (2005). *Transmisión del patrimonio musical*. Revista aragonesa de musicología XXI.
- Ropón Mesa, E. (2022). *La función social de las orquestas sinfónicas en el siglo XXI. Un modelo educativo integrador para las orquestas españolas*. Universidad de Girona.
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de investigacion*. Mexico: McGraw Hill.
- UNESCO. (2015). *El patrimonio digital*. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/information-preservation/digital-heritage>
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2022). *El archivo musical documental: subjetividades y aportaciones al sujeto cultural*. Praxis & Saber, 2022, Vol.13 (32), p.1-16.
- Valero, A. (2007). *“El repertorio bandístico en el s. XXI”*. Xunta de Galicia.
- Vela, G. M. (2019). *Producción de repertorio escrito de música colombiana, para instrumentos solistas y pequeños*





ESCUELA DE SUBOFICIALES "CT. ANDRÉS M. DÍAZ"
Cra. 5 # 2 – 92 Sur Madrid, Cundinamarca
www.esufa.edu.co

WWW.ESUFA.EDU.CO



@fuerzaaereacol



@FuerzaAereaCol



@FuerzaAereaCol



@FuerzaAereaCol

FUERZA AEROESPACIAL COLOMBIANA

