

**Evolución funcional de plataformas tecnológicas para el apoyo a los procesos de  
certificación aeronáutica**

**Daniel Fernando Calderón Sua**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecatrónico**

**Director**

**Kelly Johanna Niño Sandoval**

**Especialista en automatización industrial**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**Ingeniería y Arquitectura**

**Ingeniería Mecatrónica**

**2026**

**Contenido**

|     |                                                                                                                                                                                                                        |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | Reseña de la empresa.....                                                                                                                                                                                              | 11 |
| 1.1 | Proyección.....                                                                                                                                                                                                        | 11 |
| 1.2 | Misión .....                                                                                                                                                                                                           | 12 |
| 1.3 | Tipo de actividad.....                                                                                                                                                                                                 | 12 |
| 1.4 | Cobertura.....                                                                                                                                                                                                         | 12 |
| 1.5 | Productos o servicios .....                                                                                                                                                                                            | 13 |
| 2   | Identificación de problema .....                                                                                                                                                                                       | 13 |
| 3   | Justificación .....                                                                                                                                                                                                    | 14 |
| 4   | Marco de referencia .....                                                                                                                                                                                              | 15 |
| 5   | Objetivos.....                                                                                                                                                                                                         | 17 |
| 5.1 | Objetivo general.....                                                                                                                                                                                                  | 18 |
| 5.2 | Objetivos específicos .....                                                                                                                                                                                            | 18 |
| 6   | Alcance .....                                                                                                                                                                                                          | 18 |
| 7   | Plan de trabajo .....                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| 8   | Resultados.....                                                                                                                                                                                                        | 21 |
| 8.1 | Objetivo 1. Fortalecer el conocimiento técnico y normativo asociado a los procesos decertificación de productos aeronáuticos mediante el estudio y análisis de la normativa aeronáutica nacional e internacional. .... | 22 |
| 8.2 | Objetivo 2. Apoyar la gestión documental y la trazabilidad de la información técnica asociada a los programas de certificación aeronáutica.....                                                                        | 23 |
| 8.3 | Objetivo 3. Apoyar el desarrollo y mejora de herramientas tecnológicas para la gestión de información aeronáutica en la institución.....                                                                               | 25 |

|    |                  |    |
|----|------------------|----|
| 9  | Discusión .....  | 33 |
| 10 | Conclusión ..... | 35 |
|    | Referencias..... | 37 |

**Lista de tablas**

**Tabla 1.** *Plan de Trabajo* ..... 20

**Tabla 2.** *Estado de resolución de las actividades y objetivo específico que cumplen.* ..... 34

**Lista de figuras**

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> <i>Funcionamiento de la aplicación (Ejecutado en entorno de simulación AR Foundation)</i>                                                                  |    |
| .....                                                                                                                                                                       | 26 |
| <b>Figura 2.</b> <i>Ejemplo de visualización de un modelo 3D interactivo con puntos de interés informativos</i>                                                             |    |
| .....                                                                                                                                                                       | 26 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Aplicación UAS desarrollada en Power Apps</i>                                                                                                           | 27 |
| <b>Figura 4.</b> <i>Visualización de zonas delimitadas de no vuelo en Google Earth mediante la función de polígonos e importación de archivo KML con datos geográficos.</i> | 29 |
| <b>Figura 5.</b> <i>Antes y después de los ajustes realizados en el curso de certificación en Genially.</i>                                                                 | 31 |
| <b>Figura 6.</b> <i>Modelo de tanque impreso y diseño CAD del kit AXLE / BUSHING LOWER DRAG STRUT.</i>                                                                      | 32 |
| <b>Figura 7.</b> <i>KPI de progreso de los programas de certificación a la fecha de la SUCPA.</i>                                                                           | 33 |

### Resumen

La Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos (SUCPA) de la Fuerza Aeroespacial Colombiana gestiona múltiples programas de certificación aeronáutica cuya información técnica, documental y normativa se encuentra distribuida entre expedientes físicos, repositorios digitales y plataformas institucionales, lo que exige organización, actualización y validación permanentes para garantizar su trazabilidad. En este contexto, la práctica se orientó a fortalecer los procesos de certificación aeronáutica de la SUCPA mediante la evolución funcional de plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, trazabilidad y divulgación de información. Para ello, se caracterizaron los procesos institucionales a partir del estudio del RACAE 21 y su articulación con el RAC 21, el 14 CFR Part 21 y el EASA Part 21, se brindó apoyo continuo a la gestión documental en SharePoint y AUDITOR PLUS, y se desarrollaron herramientas como una aplicación de realidad aumentada en Unity, un curso interactivo en Blackboard y un tablero de indicadores en Looker Studio, además de propuestas para la aplicación de gestión de UAS/RPAS. De doce actividades ejecutadas, nueve se resolvieron en su totalidad, dos de manera parcial y una fue suspendida por reasignación de prioridades, logrando fortalecer la trazabilidad documental, identificar fallas en AUDITOR PLUS y dotar a la dependencia de nuevas herramientas de divulgación y seguimiento. Estos resultados evidencian el cumplimiento de los cuatro objetivos específicos del informe y muestran que la priorización dinámica propia de la SUCPA condicionó el alcance de algunos desarrollos, sin afectar el cumplimiento global de la práctica ni el aporte generado a la dependencia.

*Palabras clave:* certificación aeronáutica, trazabilidad documental, gestión tecnológica, normativa aeronáutica, práctica empresarial

### **Abstract**

The Aeronautical Products Certification Subsection (SUCPA) of the Colombian Aerospace Force manages multiple aeronautical certification programs whose technical, documentary, and regulatory information is distributed across physical files, digital repositories, and institutional platforms, requiring ongoing organization, updating, and validation to ensure traceability. Within this context, the internship focused on strengthening the SUCPA's aeronautical certification processes through the functional evolution of technological platforms aimed at managing, tracking, and disseminating information. To this end, institutional processes were characterized based on the study of RACAE 21 and its relation to RAC 21, 14 CFR Part 21, and EASA Part 21; ongoing support was provided for document management in SharePoint and AUDITOR PLUS; and tools were developed, including an augmented reality application in Unity, an interactive course in Blackboard, and a KPI dashboard in Looker Studio, along with proposals for the UAS/RPAS management application. Of twelve activities carried out, nine were fully completed, two partially, and one was suspended due to a reassignment of priorities, strengthening document traceability, identifying flaws in AUDITOR PLUS, and providing the unit with new dissemination and monitoring tools. These results demonstrate fulfillment of the report's four specific objectives and show that the dynamic prioritization inherent to the SUCPA shaped the scope of some developments without affecting the overall success of the internship or its contribution to the unit.

*Keywords:* aeronautical certification, document traceability, technology management, aeronautical regulations, business internship

### Glosario

*AAAES (Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado):* autoridad aeronáutica de la Fuerza

Aeroespacial Colombiana encargada de regular, vigilar y certificar la Aviación de Estado, de la cual depende la SUCPA [1].

*Aeronavegabilidad:* aptitud técnica y legal que debe tener una aeronave, sistema o componente para operar de manera segura conforme a las condiciones para las que fue diseñado y certificado [6].

*AUDITOR PLUS:* plataforma institucional utilizada por la SUCPA para el registro, seguimiento y control de la información técnica y documental asociada a los programas de certificación aeronáutica. (*Herramienta de uso interno de la SUCPA; no cuenta con documentación pública citable — ver nota más abajo*).

*CAMAN (Comando Aéreo de Mantenimiento):* unidad militar de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, ubicada en Madrid, Cundinamarca, encargada del mantenimiento de las aeronaves y del desarrollo de operaciones aéreas, espaciales y ciberespaciales de la institución, y sede física de la SUCPA [5].

*Certificación aeronáutica:* proceso mediante el cual una autoridad aeronáutica competente evalúa y reconoce que un producto, pieza o equipo aeronáutico cumple con los requisitos técnicos y de aeronavegabilidad establecidos en la reglamentación aplicable [2], [3].

*COFAC (Comando de la Fuerza Aeroespacial Colombiana):* instancia de mando de la Fuerza Aeroespacial Colombiana de la cual depende la AAAES y, por extensión, la SUCPA [1].

*RAC (Reglamentos Aeronáuticos de Colombia):* conjunto de normas expedidas por la Aeronáutica Civil de Colombia (Aerocivil) que regulan la aviación civil en el país, incluyendo los requisitos de certificación de productos y piezas aeronáuticos [3].

*RACAE (Reglamento Aeronáutico Colombiano de la Aviación de Estado)*: conjunto de normas de carácter general y obligatorio expedidas por la AAAES que regulan los aspectos propios de la aviación de Estado en Colombia [2].

*SUCPA (Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos)*: dependencia de la AAAES, con instalaciones físicas en el CAMAN, encargada de la certificación de productos aeronáuticos de la Fuerza Aeroespacial Colombiana [1].

*Trazabilidad documental*: capacidad de seguir el histórico, la aplicación o la ubicación de un documento o registro a lo largo de su ciclo de vida [8].

*UAS/RPAS (Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia)*: aeronave no tripulada operada por un piloto remoto desde una estación externa, junto con los enlaces de mando y control y demás componentes que integran el sistema [7].

*Nota*: a diferencia de los demás términos, AUDITOR PLUS no cuenta con una referencia externa, dado que corresponde a una herramienta de uso interno de la SUCPA sin documentación pública disponible.

## **Introducción**

La práctica empresarial es una modalidad de formación académica que permite aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria en un entorno real de trabajo. Para el programa de Ingeniería Mecatrónica, esta experiencia favorece el desarrollo de competencias técnicas relacionadas con el análisis de sistemas, la gestión documental, la interpretación normativa, el uso de herramientas tecnológicas y la participación en procesos interdisciplinarios propios del sector productivo e institucional.

El presente informe describe la práctica empresarial realizada en la Fuerza Aeroespacial Colombiana, específicamente en la Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos —SUCPA—, dependencia vinculada a la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado —AAAES—. Durante este periodo se brindó apoyo a actividades relacionadas con programas de certificación aeronáutica, trazabilidad documental, revisión normativa, organización de información técnica, desarrollo de contenidos formativos y proyectos internos orientados al mejoramiento de los procesos de la dependencia.

La práctica tuvo lugar en un entorno especializado donde la ingeniería se articula con la aeronavegabilidad, la seguridad operacional, la gestión institucional y la normativa aeronáutica nacional e internacional. Se contribuyó al seguimiento de programas, a la consolidación de información y al fortalecimiento de los recursos técnicos empleados por la dependencia.

En consecuencia, el informe busca evidenciar el aporte realizado a la SUCPA y el fortalecimiento de competencias profesionales alcanzado durante el desarrollo de la práctica.

**Apoyo al proceso de certificación de productos aeronáuticos y desarrollo de  
herramientas tecnológicas aplicadas a la gestión aeronáutica en la Fuerza Aeroespacial  
Colombiana**

## **1 Reseña de la empresa**

La Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos —SUCPA— es una dependencia perteneciente a la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado —AAAES—, cuya función principal es apoyar la gestión, evaluación y seguimiento de los programas de certificación aeronáutica en el ámbito de la Aviación de Estado. Sus actividades están orientadas a verificar el cumplimiento de requisitos técnicos, normativos y documentales aplicables a productos, componentes, modificaciones, procesos de producción y organizaciones aeronáuticas.

En el desarrollo de su labor, la SUCPA contribuye al fortalecimiento de la aeronavegabilidad mediante revisión normativa, control documental, trazabilidad de programas y análisis técnico. La dependencia articula criterios de ingeniería, seguridad operacional y gestión institucional para asegurar que los programas evaluados se desarrollen bajo condiciones de conformidad, control y mejora continua.

### **1.1 Proyección**

La proyección de la SUCPA se orienta al fortalecimiento de las capacidades técnicas de la Aviación de Estado mediante el apoyo a procesos de certificación, normalización y evaluación de productos aeronáuticos. Su labor busca contribuir al desarrollo de una industria aeronáutica más segura, trazable y alineada con criterios de conformidad, aeronavegabilidad y seguridad operacional.

## **1.2 Misión**

La misión de la Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa consiste en "normalizar, calificar y certificar productos aeronáuticos, para el fomento y el desarrollo de la industria aeronáutica a través de la integración de capacidades de la Fuerza Aeroespacial Colombiana y la Aeronáutica Civil" [1].

## **1.3 Tipo de actividad**

La actividad principal de la SUCPA se relaciona con la certificación, normalización y evaluación de productos aeronáuticos destinados a la Aviación de Estado, en un contexto altamente técnico y regulado. La Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa tiene como objetivo promover el desarrollo de productos aeronáuticos para la Aviación de Estado dentro de condiciones de conformidad, aeronavegabilidad y seguridad operacional [1].

## **1.4 Cobertura**

La Fuerza Aeroespacial Colombiana tiene cobertura nacional y cumple funciones estratégicas en materia de defensa, seguridad y control del espacio aéreo. En el caso de la SUCPA, su cobertura se relaciona con el acompañamiento y seguimiento de los programas de certificación aeronáutica desarrollados en el marco de la Aviación de Estado.

Por la naturaleza de sus funciones, la dependencia mantiene comunicación con empresas nacionales e internacionales vinculadas al sector aeronáutico, así como con entidades públicas y privadas que intervienen en procesos de diseño, producción, mantenimiento, certificación, validación, aceptación o suministro de productos y servicios aeronáuticos. Esta interacción permite

coordinar información técnica, verificar requisitos y revisar evidencias para el avance de los programas en curso.

La SUCPA cuenta con instalaciones físicas en Madrid, Cundinamarca —Cra. 5 No. 2-91— y en Bogotá D.C. —Avenida El Dorado Cra. 54 # 26-25 CAN [6]—, pero su cobertura se proyecta hacia una red de colaboración técnica e institucional con distintos actores del sector aeronáutico, tanto a nivel nacional como internacional.

### **1.5 Productos o servicios**

La SUCPA no ofrece productos ni servicios con un enfoque comercial. Su labor está orientada al cumplimiento de funciones técnicas, institucionales y regulatorias relacionadas con la certificación aeronáutica. Entre sus principales productos y servicios institucionales se encuentran: certificación de productos aeronáuticos, aprobación de diseño de productos aeronáuticos, aprobación de producción, certificación de modificaciones al diseño, reconocimiento de organizaciones aeronáuticas, emisión de conceptos e informes técnicos, gestión documental y trazabilidad de los procesos de certificación, y apoyo a procesos de formación y capacitación en certificación aeronáutica.

## **2 Identificación de problema**

La Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos (SUCPA) de la Fuerza Aeroespacial Colombiana desarrolla múltiples programas de certificación aeronáutica que requieren la gestión permanente de información técnica, documental y normativa asociada a procesos de diseño, producción, modificación y evaluación de productos aeronáuticos.

La información generada durante estos procesos se encuentra distribuida entre expedientes físicos, repositorios digitales y plataformas institucionales de seguimiento, lo que exige actividades continuas de organización, actualización y validación para garantizar la trazabilidad de cada programa. Adicionalmente, la dependencia desarrolla iniciativas orientadas al mejoramiento de sus procesos internos, la capacitación del personal y la implementación de herramientas tecnológicas que faciliten la gestión de la información aeronáutica.

Debido al volumen de información manejado y a la necesidad de mantener actualizados los registros asociados a los programas de certificación, se requiere apoyo técnico que contribuya al fortalecimiento de la gestión documental, la revisión de información técnica y el desarrollo de herramientas que respalden las actividades de la dependencia.

### **3 Justificación**

La certificación aeronáutica constituye una actividad fundamental para garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos, normativos y de seguridad operacional aplicables a los productos aeronáuticos utilizados en la Aviación de Estado. Para el adecuado desarrollo de estos procesos es indispensable contar con mecanismos que permitan gestionar de manera eficiente la información técnica y documental generada durante cada programa de certificación.

La participación de un estudiante de Ingeniería Mecatrónica permite aportar conocimientos relacionados con análisis técnico, gestión de información, herramientas digitales, modelado tridimensional y desarrollo de aplicaciones, contribuyendo al fortalecimiento de las actividades desarrolladas por la dependencia.

Asimismo, la práctica empresarial representa una oportunidad para aplicar conocimientos adquiridos durante la formación profesional en un entorno altamente especializado, fortaleciendo

competencias relacionadas con la gestión tecnológica, el trabajo interdisciplinario, la interpretación normativa y el desarrollo de soluciones orientadas al mejoramiento institucional.

#### **4 Marco de referencia**

El sector aeronáutico se caracteriza por ser uno de los campos técnicos con mayores exigencias en materia de seguridad y verificación, ya que cualquier falla en el diseño, fabricación, operación o mantenimiento de un producto aeronáutico puede generar consecuencias graves. Por esta razón, la aeronavegabilidad constituye un principio fundamental en el ámbito aéreo: se refiere a la capacidad de una aeronave, componente, sistema o producto para operar de forma segura, conforme a los requisitos técnicos y normativos aplicables [3]. En este contexto, la certificación aeronáutica es la etapa esencial para que un producto pueda ser autorizado, aceptado o empleado en un entorno operacional determinado.

Mediante la certificación se verifica que un producto, componente, modificación, proceso de producción u organización relacionada cumpla condiciones de conformidad, seguridad operacional y trazabilidad. En la Aviación de Estado, estos procesos adquieren una relevancia particular, pues se desarrollan en un entorno donde los criterios técnicos, normativos y operacionales deben garantizar la confiabilidad de los productos utilizados. La SUCPA apoya programas relacionados con modificaciones al diseño, aprobación de producción y reconocimiento de organizaciones aeronáuticas, que requieren seguimiento especializado, control documental y análisis de cumplimiento.

Para adelantar estos procesos resulta indispensable revisar normativa nacional e internacional, ya que cada programa puede exigir requisitos distintos según su naturaleza, alcance y nivel de complejidad. Normativas como el RACAE 21 [3], RAC 21 [4], 14 CFR Part 21 [7] y

EASA Part 21 [8] sirven como referentes para establecer criterios relacionados con diseño, producción, modificaciones, certificación y aeronavegabilidad. Su consulta permite identificar los requisitos aplicables, así como las pruebas, certificados, informes, matrices o evidencias necesarias para sustentar el avance de cada programa. La revisión normativa, entonces, no es una actividad meramente documental, sino que orienta directamente la toma de decisiones técnicas dentro del proceso de certificación.

La trazabilidad documental y técnica cumple también un papel central en este contexto. Todo programa de certificación debe contar con información clara, organizada y verificable, dado que sobre ella se soportan los conceptos, observaciones, decisiones y actuaciones adelantadas por la dependencia. Para ello se emplean carpetas físicas, archivos digitales, el repositorio institucional SharePoint y la plataforma interna AUDITOR PLUS, donde se registran antecedentes, estado actual, observaciones, soportes técnicos y avances de cada programa. La articulación adecuada de estos medios permite conservar la memoria técnica de los procesos y facilita su consulta por parte del personal encargado.

Algunos programas requieren además el análisis de información especializada, como resultados de pruebas de laboratorio, ensayos de materiales, matrices de cumplimiento, documentación de diseño, datos de producción y demás soportes técnicos. Este tipo de revisión exige comprensión interdisciplinaria de sistemas, componentes, materiales y criterios de funcionamiento, lo cual se relaciona directamente con el perfil de la Ingeniería Mecatrónica. La contribución en la organización, lectura y análisis preliminar de evidencias facilita que los procesos cuenten con información más clara y disponible para que el personal competente tome las decisiones pertinentes.

El control estadístico es otro aspecto relevante en la gestión de programas. Al existir varios grupos de trabajo y múltiples procesos en desarrollo simultáneo, se requieren herramientas que permitan visualizar estados, tiempos, avances y cargas de trabajo. Los indicadores clave de desempeño —KPI— y plataformas como Power BI o Looker Studio pueden apoyar la consolidación de información y ofrecer una visión general del estado de los programas, lo que contribuye a la toma de decisiones basada en datos.

La mejora continua también hace parte del funcionamiento de la SUCPA. Desde la dependencia pueden surgir proyectos orientados a optimizar procesos, fortalecer herramientas, mejorar la trazabilidad o facilitar la divulgación de información técnica. En este marco se ubica la realidad aumentada como una herramienta con potencial para la visualización de productos aeronáuticos certificados, mediante aplicaciones desarrolladas en plataformas como Unity, que permiten interactuar con modelos 3D y consultar características técnicas desde dispositivos móviles.

Finalmente, la gestión del conocimiento resulta transversal a todos estos procesos. La estructuración de contenidos formativos, capítulos temáticos y recursos pedagógicos apoya la capacitación del personal y facilita la apropiación de conceptos relacionados con certificación aeronáutica, normativa, trazabilidad y seguridad operacional. En conjunto, estos elementos permiten comprender que la práctica en la SUCPA se desarrolla en un entorno donde la ingeniería, la regulación aeronáutica, la gestión documental, el análisis técnico y las tecnologías convergen para fortalecer los procesos de certificación de productos aeronáuticos.

## **5 Objetivos**

### **5.1 Objetivo general**

Fortalecer los procesos de certificación aeronáutica de la Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos (SUCPA) mediante la evolución funcional de plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, trazabilidad y divulgación de información.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar los procesos de certificación aeronáutica y los mecanismos de gestión de información empleados por la SUCPA.
- Fortalecer la trazabilidad y organización de la información técnica asociada a los programas de certificación aeronáutica.
- Evaluar oportunidades de mejora en las herramientas digitales que soportan los procesos de certificación aeronáutica.
- Evolucionar funcionalmente plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, seguimiento y divulgación de información aeronáutica

## **6 Alcance**

La práctica empresarial comprende el apoyo a las actividades técnicas y documentales desarrolladas por la Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos (SUCPA), incluyendo la revisión de normativa aeronáutica, la organización y actualización de información asociada a programas de certificación, el seguimiento de registros institucionales y la participación en actividades de análisis técnico requeridas por la dependencia.

Asimismo, contempla la participación en proyectos internos orientados al fortalecimiento de herramientas tecnológicas utilizadas para la gestión de información, capacitación y divulgación de procesos de certificación aeronáutica, mediante el desarrollo de propuestas, prototipos y recursos de apoyo acordes con las necesidades institucionales identificadas durante la práctica.

La práctica finaliza con la documentación de las actividades desarrolladas, los resultados obtenidos y las recomendaciones derivadas de la experiencia adquirida durante el periodo de ejecución.

## **7 Plan de trabajo**

El plan de trabajo se estructuró a partir de los tres objetivos específicos, cada uno desglosado en actividades con fechas estimadas, entregables y criterios de evaluación. La práctica se desarrolló entre diciembre de 2025 y junio de 2026, en modalidad presencial, en las instalaciones del Comando Aéreo de Mantenimiento (CAMAN) en Madrid, Cundinamarca, bajo la supervisión del Capitán Yulenny Gutierrez Florez, Especialista Estratégico en Procesos de Producción Aeronáutico.

El primer objetivo comprendió tres actividades: revisión y estudio de la normativa aeronáutica aplicable, análisis de los procedimientos y criterios de aeronavegabilidad utilizados en la dependencia, y participación continua en reuniones de revisión técnica y discusión de criterios regulatorios.

El segundo objetivo incluyó tres actividades: organización y actualización de carpetas físicas y digitales, consolidación de información de trazabilidad para emisión de conceptos técnicos, y revisión de información técnica utilizada en los procesos de certificación, validación o aceptación.

El tercer objetivo agrupó seis actividades: desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para visualización de productos certificados, apoyo en la mejora de una aplicación institucional en Power Apps para la gestión de UAS/RPAS, diseño de propuestas de mejora para herramientas digitales de la dependencia, reorganización del curso básico de certificación aeronáutica, apoyo en modelado tridimensional de productos certificados, y elaboración de material técnico y visual para divulgación.

Durante la ejecución, la priorización de algunas actividades se ajustó en función de necesidades operativas que demandaban atención inmediata, lo cual se detalla en la sección de resultados.

**Tabla 1. Plan de Trabajo**

| Objetivos específicos                                                                                                                                                                                     | Evaluación de objetivos                                                                                                                                     | Actividades realizadas para consecución de dichos objetivos                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>En cada fila se ubican cada uno de los objetivos específicos.</b>                                                                                                                                      | <b>Se especifica cómo se va a conseguir cada objetivo específico planteado, esto conducirá a cumplir el objetivo general.</b>                               | <b>Se indican las diferentes actividades realizadas para conseguir dicho objetivo específico.</b>                                                              |
| 1. Fortalecer el conocimiento técnico y normativo asociado a los procesos de certificación de productos aeronáuticos mediante el estudio y análisis de la normativa aeronáutica nacional e internacional. | El objetivo se evaluará mediante la consulta y aplicación de normativa aeronáutica.                                                                         | Revisión y estudio de la normativa aeronáutica aplicable a procesos de certificación de diseño y producción de productos aeronáuticos para aviación de estado. |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                             | Análisis de los procedimientos y criterios técnicos de aeronavegabilidad utilizados en los procesos de certificación aeronáutica dentro de la dependencia.     |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                             | Participación en actividades de revisión técnica y discusión de criterios regulatorios asociados a programas de certificación.                                 |
| 2. Apoyar la gestión documental y la trazabilidad de la información técnica asociada a los programas de certificación aeronáutica.                                                                        | Se evaluará mediante la organización estructurada de repositorios documentales y la consolidación de información técnica de los programas de certificación. | Organización y actualización de carpetas físicas y digitales de programas de certificación aeronáutica.                                                        |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                             | Apoyo en la consolidación de información de trazabilidad para emisión de conceptos técnicos de certificación.                                                  |

| Objetivos específicos                                                                                                       | Evaluación de objetivos                                                                                                                  | Actividades realizadas para consecución de dichos objetivos                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Apoyar el desarrollo y mejora de herramientas tecnológicas para la gestión de información aeronáutica en la institución. | Se evaluará mediante el desarrollo de prototipos funcionales y propuestas de mejora de herramientas digitales utilizadas por la entidad. | Apoyar la consolidación y revisión de información técnica utilizada en los procesos de certificación, validación o aceptación de productos aeronáuticos.                                                                                                                                               |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                          | Desarrollo de aplicación de realidad aumentada para visualización de productos aeronáuticos certificados.                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                          | Apoyo en la mejora de la aplicación institucional desarrollada en Power Apps para la gestión de drones del Estado.                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                          | Diseño de propuestas de mejora para herramientas digitales orientadas a la gestión de información técnica en procesos de certificación aeronáutica.                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                          | Apoyo en la reorganización y optimización del curso básico de certificación aeronáutica de la dependencia, mediante la estructuración de contenidos, mejora del diseño de los materiales didácticos y organización de las interacciones del curso en una plataforma digital de gestión de aprendizaje. |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                          | Apoyo en el diseño y generación de modelos tridimensionales para la visualización o representación de productos aeronáuticos certificados mediante tecnologías de impresión 3D.                                                                                                                        |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                          | Apoyo en la elaboración de material técnico y visual para la divulgación y comprensión de los procesos de certificación aeronáutica dentro de la dependencia.                                                                                                                                          |

## 8 Resultados

La presente sección describe los resultados obtenidos durante el desarrollo de la práctica empresarial, organizados a partir de los tres objetivos específicos planteados en el plan de trabajo.

Para cada actividad se presenta el alcance logrado, el valor aportado a la dependencia y las limitaciones identificadas durante su ejecución.

### **8.1 Objetivo 1. Fortalecer el conocimiento técnico y normativo asociado a los procesos decertificación de productos aeronáuticos mediante el estudio y análisis de la normativa aeronáutica nacional e internacional.**

Al tratarse de un campo ajeno a la formación previa en Ingeniería Mecatrónica, el primer periodo de la práctica se destinó a la apropiación del entorno aeronáutico, los procedimientos internos y el marco regulatorio que sustenta la certificación de productos aeronáuticos. La actividad inicial se centró en el estudio del Reglamento Aeronáutico Colombiano de Aviación de Estado —RACAE 21— [3], referente normativo principal de la SUCPA para la certificación de productos y el reconocimiento de organizaciones de diseño y producción. Con el acompañamiento del personal especializado se logró comprender el contexto institucional, las funciones de la dependencia y el alcance de su labor dentro de la Aviación de Estado. Esta fase resultó determinante, pues sin la fundamentación normativa las actividades posteriores no habrían podido desarrollarse con el criterio técnico requerido.

A partir de esta base se identificaron los tipos de certificados que la SUCPA puede emitir, las condiciones de aplicabilidad de cada uno, los niveles que puede alcanzar un proceso de certificación y la secuencia metodológica desde la solicitud hasta la emisión del concepto correspondiente. El análisis de los procedimientos y criterios de aeronavegabilidad empleados por la dependencia permitió además comprender cómo se articulan los requisitos normativos con su aplicación práctica, así como los distintos escenarios que pueden surgir durante la evaluación de un programa. Este conocimiento se consolidó progresivamente y constituyó el eje transversal sobre el cual se sustentaron las demás actividades de la práctica.

De forma continua durante todo el periodo, se participó activamente en reuniones de revisión técnica y discusión de criterios regulatorios asociados a los programas en curso. Estos espacios permitían exponer avances, dificultades y actualizaciones de cada programa ante los miembros de la dependencia, quienes aportaban observaciones y definían planes de acción de forma conjunta. La participación sostenida en estas dinámicas aportó una comprensión integral de la complejidad de los procesos de certificación y de la interacción entre criterios técnicos, normativos y operacionales. Como limitación, al tratarse de una actividad inherente al funcionamiento de la dependencia, su alcance no es cuantificable mediante un entregable único; su valor radica en la apropiación progresiva de competencias y criterio técnico aplicado.

## **8.2 Objetivo 2. Apoyar la gestión documental y la trazabilidad de la información técnica asociada a los programas de certificación aeronáutica.**

El segundo objetivo se ejecutó de manera transversal a lo largo de toda la práctica, dado que la trazabilidad documental constituye una actividad permanente e indispensable para el funcionamiento de la SUCPA. Cada programa de certificación exige un registro riguroso que garantice la verificabilidad de las actuaciones adelantadas.

La organización y actualización de repositorios documentales se realizó conforme al flujo establecido por la dependencia. La información de cada programa se consolida inicialmente en SharePoint, donde se ordenan cronológica y metodológicamente los documentos asociados a cada etapa: solicitud, oficios de petición, envíos de información, respuestas técnicas y demás soportes generados. Posteriormente, los documentos finales se imprimen, se separan por etapas, se folian y reciben el sello de verificación. El material físico se escanea y se incorpora nuevamente al repositorio digital, completando el ciclo de trazabilidad. Este proceso garantiza que la memoria

técnica de cada programa permanezca íntegra, ordenada y disponible para consulta. La contribución en esta actividad permitió mantener actualizados los repositorios en periodos de alta carga de trabajo, reduciendo el riesgo de acumulación documental pendiente y de inconsistencias entre los soportes físicos y digitales.

Paralelamente, se apoyó la actualización de la plataforma AUDITOR PLUS, donde se registra el porcentaje de avance, los comentarios sobre el estado actual, la etiqueta de identificación del tipo de proceso, los responsables asignados y las observaciones de cada programa. La actualización oportuna de esta herramienta resulta crítica para que el personal pueda consultar el estado real de los programas en cualquier momento y fundamentar sus decisiones.

Desde la formación en Ingeniería Mecatrónica, se brindó apoyo en la revisión de documentación técnica asociada a los programas, incluyendo matrices de riesgo, informes de mitigación, resultados de ensayos y demás soportes pertinentes. Este aporte ofreció una perspectiva interdisciplinaria en el análisis preliminar de evidencias, contribuyendo a que la información estuviera más organizada y disponible para los especialistas responsables de las decisiones técnicas finales. Por razones de confidencialidad institucional, se omiten los nombres y detalles particulares de los programas tratados. Como limitación de este objetivo, el carácter continuo de las actividades impide determinar un punto de cierre definitivo; no obstante, al momento del presente informe los repositorios documentales y los registros en las plataformas correspondientes se encontraban actualizados conforme a los programas vigentes.

### **8.3 Objetivo 3. Apoyar el desarrollo y mejora de herramientas tecnológicas para la gestión de información aeronáutica en la institución.**

El tercer objetivo concentró el mayor número de actividades y representó el componente de mayor aporte desde la formación en Ingeniería Mecatrónica. Durante su ejecución, la priorización de algunas tareas se ajustó en función de necesidades operativas que demandaban atención inmediata, lo cual influyó en el grado de avance alcanzado en ciertos desarrollos.

#### ***Aplicación de realidad aumentada para visualización de productos aeronáuticos certificados***

Se desarrolló una aplicación de realidad aumentada mediante el motor Unity y el paquete AR Foundation, concebida como herramienta de divulgación para la exposición de productos certificados por la SUCPA en el ámbito institucional y en eventos externos. El desarrollo alcanzó una interfaz funcional que incorpora pantalla de presentación, instrucciones de interacción, detección de superficies planas, selección de objetos de una lista —correspondientes a productos certificados— y posicionamiento del objeto en el entorno con posibilidad de modificar posición, escala y orientación. Las pruebas funcionales se ejecutaron mediante el simulador de AR Foundation nativo de Unity.

**Figura 1.** *Funcionamiento de la aplicación (Ejecutado en entorno de simulación AR Foundation)*

*Nota:* captura de pantalla del entorno de simulación de la aplicación de realidad aumentada desarrollada en Unity con AR Foundation.

**Figura 2.** *Ejemplo de visualización de un modelo 3D interactivo con puntos de interés informativos*

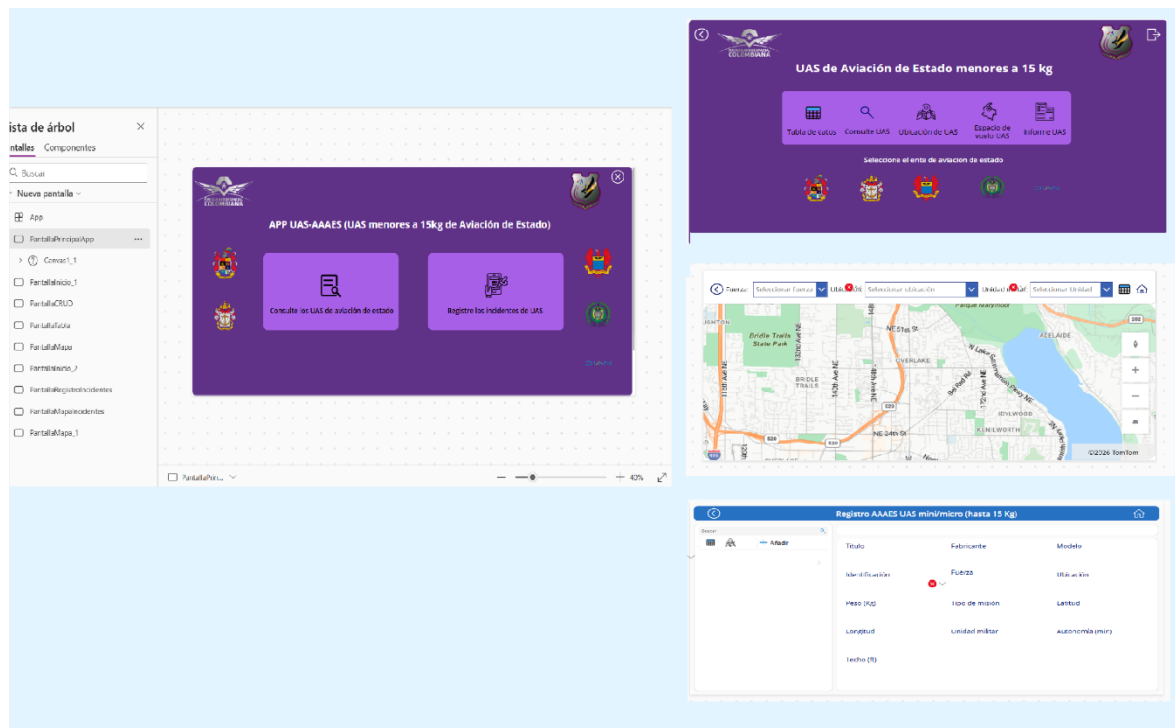
*Nota:* imagen ilustrativa generada mediante inteligencia artificial, elaborada para ejemplificar la visualización de un modelo 3D interactivo con puntos de interés informativos; no corresponde a una captura real de la aplicación desarrollada.

El valor de esta herramienta reside en su potencial para transformar la forma en que la dependencia presenta sus resultados, pasando de un formato estático de documentos y fotografías a una experiencia interactiva y tridimensional. Se elaboró un documento técnico que describe la metodología de desarrollo, el estado actual y las indicaciones para garantizar la continuidad del proyecto tras la finalización de la práctica. La principal limitación fue la intermitencia en su desarrollo, ocasionada por la reasignación de prioridades hacia actividades de certificación y otras tareas urgentes, lo que impidió alcanzar la integración completa de los modelos tridimensionales de los productos certificados.

### ***Mejora de la aplicación institucional para la gestión de UAS/RPAS***

Se participó en la mejora de una aplicación desarrollada en Power Apps para la administración de los sistemas aéreos no tripulados pertenecientes a las fuerzas del Estado, la cual opera con una base de datos en SharePoint que almacena información técnica, de ubicación y de pertenencia de cada equipo.

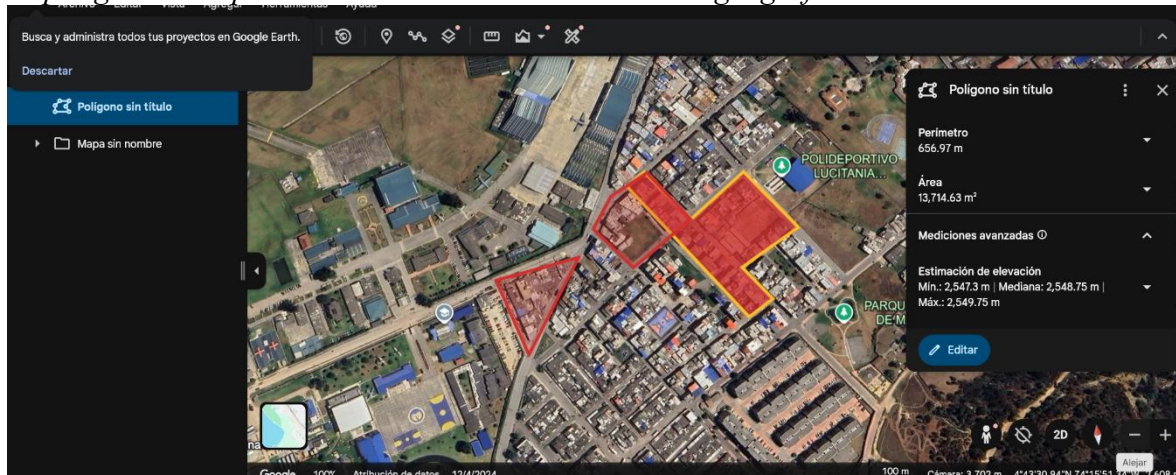
**Figura 3.** *Aplicación UAS desarrollada en Power Apps*



*Nota:* captura de pantalla de la aplicación institucional para la gestión de UAS/RPAS, desarrollada en Power Apps.

La contribución se estructuró en tres líneas: primero, la colaboración en la elaboración de una circular que definiera el procedimiento para que el personal autorizado de cada fuerza —Policía, Naval, Aviación y Ejército— pudiera solicitar el establecimiento de zonas prohibidas de vuelo de UAS/RPAS; segundo, la incorporación de una viñeta dentro de la aplicación para registrar dichas solicitudes; y tercero, la elaboración de un informe técnico con la metodología propuesta para integrar una viñeta de visualización cartográfica de las zonas delimitadas. Para esta última funcionalidad se evaluaron dos alternativas: la integración con Google Earth mediante archivos KML vinculados al proceso de solicitud, y la incorporación de la API de Azure Maps para visualización directa dentro de la aplicación sin redirección a ventanas externas. Ambas opciones fueron documentadas y presentadas al equipo responsable.

**Figura 4.** Visualización de zonas delimitadas de no vuelo en Google Earth mediante la función de polígonos e importación de archivo KML con datos geográficos.



*Nota:* captura de pantalla de la plataforma Google Earth, con la delimitación de una zona de no vuelo elaborada como ejemplo de la propuesta de visualización cartográfica.

El aporte de esta actividad consistió en ofrecer soluciones técnicas concretas y documentadas para funcionalidades que la aplicación aún no incorporaba, proporcionando al equipo de desarrollo un punto de partida estructurado para su implementación futura. La actividad se suspendió en la fase de propuesta debido a la reasignación de prioridades, y la aplicación continúa en desarrollo por parte del personal encargado.

### ***Identificación de oportunidades de mejora en la plataforma AUDITOR PLUS***

Durante la utilización continua de AUDITOR PLUS se identificaron deficiencias estructurales que afectaban la confiabilidad de la información registrada. Entre las situaciones detectadas se encontró una relación inadecuada entre las etiquetas de clasificación de la base de datos, con presencia de categorías obsoletas y redundantes que dificultaban la correcta tipificación de los programas. Adicionalmente, se identificó que determinados campos de ingreso carecían de validación de tipo de dato —por ejemplo, campos que requerían formato de fecha aceptaban

caracteres alfanuméricos—, lo que generaba errores de redirección al intentar consultar la información del programa afectado.

Estas deficiencias fueron documentadas y comunicadas al jefe de la dependencia para su escalamiento al área de seguridad informática de la institución, única autorizada para realizar modificaciones en la base de datos. Si bien el alcance se limitó a la identificación y reporte —dado que no se disponía de acceso directo para implementar correcciones—, la detección oportuna de estos errores contribuyó a prevenir inconsistencias futuras en el registro de los programas y a generar conciencia sobre la necesidad de fortalecer los controles de calidad de la plataforma.

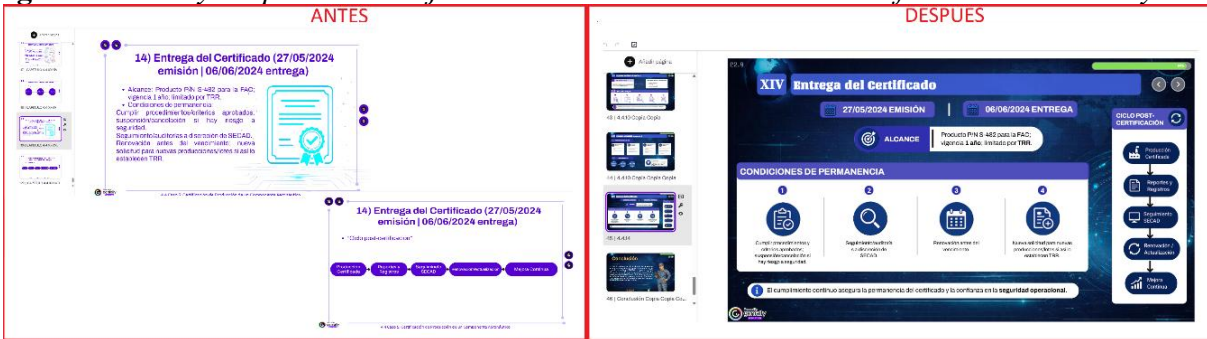
### ***Reorganización del curso básico de certificación aeronáutica***

Esta actividad demandó la mayor dedicación durante la práctica y se completó en su totalidad, dado que su implementación estaba programada para el mes de junio y debía superar múltiples filtros de revisión por parte del personal encargado. La dependencia contaba con un avance previo del curso desarrollado en Genially, donde la totalidad del contenido se encontraba concentrada en un único proyecto, lo que lo hacía excesivamente pesado y prácticamente ineditable.

El plan de acción definido consistió en dividir el contenido en seis capítulos temáticos: Generalidades de la certificación aeronáutica, Aprobación de diseño de productos aeronáuticos, Modificaciones al diseño de productos aeronáuticos, Aprobación de producción de productos aeronáuticos, Reconocimiento de organizaciones aeronáuticas, y Gestión de proyectos de certificación aeronáutica. Esta segmentación resolvió el problema de rendimiento del archivo y permitió la edición independiente de cada módulo. Posteriormente, se transformó el contenido —originalmente texto plano e información densa sin interacción— mediante el rediseño visual y la

incorporación de elementos interactivos en cada capítulo, haciendo el material más accesible y dinámico.

**Figura 5.** *Antes y después de los ajustes realizados en el curso de certificación en Genially.*



*Nota:* capturas de pantalla del curso de certificación aeronáutica antes y después de la reorganización realizada en Genially.

De forma simultánea, se configuró el curso en la plataforma Blackboard —sistema institucional de formación de la Fuerza—, donde se cargaron los contenidos y se diseñaron las actividades evaluativas correspondientes. El impacto de esta actividad es significativo: se logró convertir un recurso de difícil manejo en un curso estructurado, navegable y evaluable, listo para su implementación ante los participantes inscritos. Este resultado fortalece directamente la capacidad de la SUCPA para gestionar el conocimiento en materia de certificación aeronáutica y estandarizar la formación del personal vinculado.

### ***Modelado tridimensional de productos aeronáuticos***

Como actividad complementaria a la aplicación de realidad aumentada, se inició la gestión para obtener e incorporar modelos tridimensionales de productos certificados. Se tomó como caso inicial un programa en proceso de certificación —referido como "tanque" por razones de confidencialidad—, para el cual se localizó el archivo del modelo y se vinculó como próximo

elemento a integrar en la aplicación. Para los demás productos se definió el procedimiento a seguir: modelado de la pieza a partir de la información técnica disponible e incorporación progresiva. Aunque el avance fue inicial, se dejó establecida la ruta metodológica para la expansión del catálogo de modelos tridimensionales.

**Figura 6.** *Modelo de tanque impreso y diseño CAD del kit AXLE / BUSHING LOWER DRAG STRUT.*



*Nota:* fotografía del modelo de tanque impreso en 3D y diseño CAD del kit AXLE/BUSHING LOWER DRAG STRUT, elaborados durante la práctica.

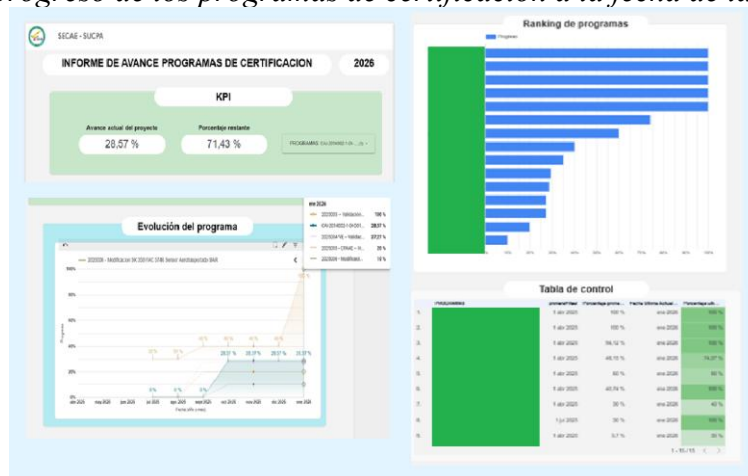
### ***Material técnico y visual para divulgación y seguimiento***

Se atendieron diversas solicitudes de elaboración de material técnico orientado al fortalecimiento de los procesos de comunicación y seguimiento de la dependencia. Se destacan dos productos concretos: la elaboración de una presentación con los cambios introducidos por la segunda enmienda del RACAE 21 [3], preparada para que la SUCPA expusiera la actualización normativa en reuniones institucionales en calidad de autoridad en la materia; y el desarrollo de un tablero de indicadores clave de desempeño en Looker Studio —seleccionado por la dependencia sobre Power BI por antecedentes de uso institucional—, que permite visualizar de forma intuitiva

el progreso de los programas de certificación mediante KPIs, gráficos de avance y datos consolidados.

El tablero responde a una necesidad concreta: al gestionarse múltiples programas simultáneamente, cada uno a cargo de un titular, un subtitular y un equipo de apoyo, la visualización rápida del estado general resulta indispensable para la coordinación operativa y la toma de decisiones. Esta herramienta aporta un recurso que la dependencia no tenía previamente y que facilita el seguimiento integral de su labor.

**Figura 7.** KPI de progreso de los programas de certificación a la fecha de la SUCPA.



*Nota:* captura de pantalla del tablero de indicadores clave de desempeño (KPI) desarrollado en Looker Studio.

## 9 Discusión

La presente sección consolida las doce actividades desarrolladas durante la práctica, indicando el objetivo del plan de trabajo bajo el cual se ejecutaron, su estado de resolución y el objetivo específico del informe al que da cumplimiento cada una.

**Tabla 2.** *Estado de resolución de las actividades y objetivo específico que cumplen.*

| Objetivo del Plan de Trabajo | Actividad                                                                                                  | ¿Se resolvió?                                                                     | Objetivo específico del informe que cumple                                                                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            | Revisión y estudio de la normativa aeronáutica aplicable (RACAE 21)                                        | Sí                                                                                | Objetivo 1. Caracterizar los procesos de certificación aeronáutica y los mecanismos de gestión de información empleados por la SUCPA          |
| 1                            | Análisis de los procedimientos y criterios de aeronavegabilidad utilizados en la dependencia               | Sí                                                                                | Objetivo 1. Caracterizar los procesos de certificación aeronáutica y los mecanismos de gestión de información empleados por la SUCPA          |
| 1                            | Participación continua en reuniones de revisión técnica y discusión de criterios regulatorios              | Sí (actividad transversal, sin entregable único de cierre)                        | Objetivo 1. Caracterizar los procesos de certificación aeronáutica y los mecanismos de gestión de información empleados por la SUCPA          |
| 2                            | Organización y actualización de carpetas físicas y digitales (SharePoint, foliado, escaneo y verificación) | Sí                                                                                | Objetivo 2. Fortalecer la trazabilidad y organización de la información técnica asociada a los programas de certificación aeronáutica         |
| 2                            | Actualización de la plataforma AUDITOR PLUS (avance, responsables, observaciones)                          | Sí                                                                                | Objetivo 2. Fortalecer la trazabilidad y organización de la información técnica asociada a los programas de certificación aeronáutica         |
| 2                            | Revisión de información técnica (matrices de riesgo, informes de mitigación, resultados de ensayos)        | Sí, de forma continua (sin cierre definitivo; actualizada al momento del informe) | Objetivo 2. Fortalecer la trazabilidad y organización de la información técnica asociada a los programas de certificación aeronáutica         |
| 3                            | Aplicación de realidad aumentada para visualización de productos certificados (Unity + AR Foundation)      | Parcial (interfaz funcional lograda; integración de modelos 3D incompleta)        | Objetivo 4. Evolucionar funcionalmente plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, seguimiento y divulgación de información aeronáutica |
| 3                            | Mejora de la aplicación institucional para gestión de UAS/ RPAS (Power Apps)                               | No (suspendida en fase de propuesta)                                              | Objetivo 4. Evolucionar funcionalmente plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, seguimiento y divulgación de información aeronáutica |

| Objetivo del Plan de Trabajo | Actividad                                                                                                       | ¿Se resolvió?                                                | Objetivo específico del informe que cumple                                                                                                    |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3                            | Identificación de oportunidades de mejora en la plataforma AUDITOR PLUS                                         | Sí, dentro de su alcance definido (identificación y reporte) | Objetivo 3. Evaluar oportunidades de mejora en las herramientas digitales que soportan los procesos de certificación aeronáutica              |
| 3                            | Reorganización del curso básico de certificación aeronáutica (Genially + Blackboard)                            | Sí, completa                                                 | Objetivo 4. Evolucionar funcionalmente plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, seguimiento y divulgación de información aeronáutica |
| 3                            | Modelado tridimensional de productos aeronáuticos                                                               | Parcial (avance inicial; ruta metodológica establecida)      | Objetivo 4. Evolucionar funcionalmente plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, seguimiento y divulgación de información aeronáutica |
| 3                            | Material técnico y visual para divulgación y seguimiento (presentación RACAE 21 + tablero KPI en Looker Studio) | Sí                                                           | Objetivo 4. Evolucionar funcionalmente plataformas tecnológicas orientadas a la gestión, seguimiento y divulgación de información aeronáutica |

De las doce actividades desarrolladas, nueve se resolvieron en su totalidad, dos se resolvieron parcialmente por reasignación de prioridades operativas, y una fue suspendida en fase de propuesta. En conjunto, estas actividades dan cumplimiento a los cuatro objetivos específicos del informe.

## 10 Conclusión

La práctica empresarial en la Subsección de Certificación de Productos Aeronáuticos permitió alcanzar resultados concretos frente a los cuatro objetivos específicos planteados, que abarcaron la caracterización de los procesos institucionales, el fortalecimiento de la trazabilidad documental, la evaluación de herramientas digitales y la evolución funcional de plataformas tecnológicas de la dependencia.

En relación con el primer objetivo, la caracterización de los procesos de certificación aeronáutica y los mecanismos de gestión de información de la SUCPA se logró mediante el estudio del RACAE 21 [3] y su articulación con referentes como el RAC 21 [4], el 14 CFR Part 21 [7] y el EASA Part 21 [8]. Este proceso permitió comprender los tipos de certificados que la dependencia puede emitir, las condiciones de aplicabilidad, la secuencia metodológica desde la solicitud hasta la emisión del concepto técnico, y el funcionamiento de las plataformas y repositorios institucionales empleados para el seguimiento de los programas. La apropiación de este marco constituyó el eje transversal que sustentó todas las demás actividades de la práctica.

En cuanto al segundo objetivo, la trazabilidad y organización de la información técnica asociada a los programas de certificación se fortaleció de manera continua a lo largo de toda la práctica. La organización de repositorios en SharePoint, el ciclo de foliado, escaneo y verificación de carpetas físicas, la actualización de AUDITOR PLUS y el apoyo en la revisión de matrices de riesgo, informes de mitigación y resultados de ensayos contribuyeron a mantener la memoria técnica de los programas íntegra, ordenada y disponible, reduciendo el riesgo de inconsistencias entre soportes físicos y digitales durante periodos de alta carga operativa.

Respecto al tercer objetivo, la evaluación de oportunidades de mejora en las herramientas digitales permitió identificar deficiencias estructurales en AUDITOR PLUS —incluyendo categorías desactualizadas, redundancias en la base de datos y ausencia de validación de tipo de dato en campos críticos— que fueron documentadas y reportadas al jefe de la dependencia. Este ejercicio de evaluación evidenció la necesidad de una revisión técnica profunda de la plataforma para garantizar la confiabilidad de los registros que soportan las decisiones de certificación, y demostró que el perfil de Ingeniería Mecatrónica aporta una perspectiva analítica valiosa en la identificación de fallas en sistemas de gestión institucional.

Finalmente, en relación con el cuarto objetivo, la evolución funcional de plataformas tecnológicas se materializó en varios entregables concretos: la reorganización completa del curso básico de certificación aeronáutica en seis capítulos con diseño interactivo implementado en Blackboard; el desarrollo de un tablero de indicadores en Looker Studio que dotó a la dependencia de una herramienta de seguimiento inexistente hasta ese momento; la construcción de un prototipo funcional de aplicación de realidad aumentada en Unity con documentación técnica para su continuidad; y la formulación de propuestas técnicas documentadas para la aplicación de gestión de UAS/RPAS, incluyendo alternativas de integración cartográfica mediante Google Earth y Azure Maps. Estos desarrollos fortalecieron las capacidades tecnológicas de la SUCPA para la gestión, seguimiento y divulgación de información aeronáutica.

La experiencia evidenció que la priorización dinámica de actividades es inherente a un entorno operativo como el de la SUCPA, donde las necesidades de los programas de certificación pueden requerir la reasignación inmediata de recursos. Esta condición, si bien limitó el avance en algunos desarrollos tecnológicos, fortaleció competencias profesionales como la adaptabilidad, la capacidad de gestionar múltiples frentes de trabajo y la comunicación efectiva de propuestas técnicas ante diferentes niveles organizacionales.

## Referencias

- [1] Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa, "Conózcanos," SECAD/SUCPA, Fuerza Aeroespacial Colombiana. [En línea]. Disponible: <https://aaaes.fac.mil.co/es/conozcanos>. [Accedido: may. 25, 2025].
- [2] Fuerza Aeroespacial Colombiana, "Caman," FAC. [En línea]. Disponible: <https://www.fac.mil.co/caman>. [Accedido: jul. 31, 2026].

[3] Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, RACAE 21 – Certificación de Productos

Aeronáuticos y Reconocimiento de Organizaciones de Diseño y Producción, Enmienda

02, Resolución No. 002, Diario Oficial No. 53.351. Bogotá D.C., Colombia: AAAES,

dic. 29, 2025. [En línea]. Disponible:

[https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/AAAES/documentos/RACAE/2025/racae\\_21\\_certificacion\\_de\\_productos\\_aeronauticos\\_y\\_reconocimiento\\_organizaciones\\_de\\_diseño\\_y\\_produccion.pdf](https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/AAAES/documentos/RACAE/2025/racae_21_certificacion_de_productos_aeronauticos_y_reconocimiento_organizaciones_de_diseño_y_produccion.pdf)

[4] Aeronáutica Civil de Colombia, RAC 21 – Certificación de Productos y Piezas Aeronáuticos.

Bogotá D.C., Colombia: Aerocivil, 2020. [En línea]. Disponible:

<https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC>

[5] Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, RACAE 94 – Reglas de Vuelo y Operación de

UAS/RPAS, Enmienda 02. Bogotá D.C., Colombia: AAAES. [En línea]. Disponible:

[https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/racae\\_94\\_enmienda\\_2\\_reglas\\_de\\_vuelo\\_y\\_operacion\\_uasrpas.pdf](https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/racae_94_enmienda_2_reglas_de_vuelo_y_operacion_uasrpas.pdf)

[6] Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa, "Contacto e información institucional,"

AAAES, Fuerza Aeroespacial Colombiana. [En línea]. Disponible:

<https://aaaes.fac.mil.co>. [Accedido: may. 25, 2025].

[7] Federal Aviation Administration, 14 CFR Part 21 – Certification Procedures for Products and

Articles. Washington D.C., EE. UU.: FAA. [En línea]. Disponible:

<https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-21>

[8] European Union Aviation Safety Agency, Commission Regulation (EU) No 748/2012 – Part

21, Airworthiness and Environmental Certification. Cologne, Alemania: EASA. [En línea].

Disponible: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-part-21>