

# Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia



**EMAVI**  
SELLO EDITORIAL



**EDITORIAL**

**Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia** / Romero Palacios, Wilson Eduardo... [y otros 22]; -Santiago de Cali: Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, EMAVI, Sello Editorial y Universidad Santiago de Cali, Sello Editorial, 2022.

278 páginas.; ilustraciones col, cuadros, gráficos; 17x24 cm.  
Incluye bibliografía al final del cada capítulo

**ISBN: 978-958-53777-6-9**

**ISBN (digital): 978-958-53777-7-6**

1. Aeroespacial – Colombia 2. Desarrollo e Innovación – Colombia – Modelo Inclusivo Híbrido

I. Ortiz Ayala, Ricardo (autor), ii. Valencia Pérez, Luis Rodrigo (autor), iii. Valencia Pérez, Héctor Fernando (autor), iv. Escobar Soto, Jhon Fredy (autor), v. Flórez Zuluaga, Jimmy Anderson (autor), vi. Quintero Quiceno, Sebastián (autor), vii. Riaño Cubillos, Johan Sebastián (autor), viii. Falla Rubiano, Andrea (autor), ix. Barros Ochoa, Alfredo Iván (autor), x. Salazar Ospina, Fabián Andrés (Fabián Salazar) (autor), xi. Morante Granobles, Diego Fernando (autor), xii. Cárdenas, Paula Andrea (autor), xiii. Cajiao Pardo, Lina María (autor), xiv. Giraldo Martínez, Guillermo Alfonso (autor), xv. Ortega Madroñero, Mike Steeven (autor), xvi. La Rivera Muñoz, Felipe (autor), xvii. Castillo García, Javier Ferney (autor), xviii. Mosquera Pérez, Carlos Mauricio (autor), xix. Cabezas Álzate, Diego Fernando (autor), xx. Chaves, Juan Manuel (autor), xxi. Angulo, Andrés Camilo (autor), xxii. Ordóñez-Castaño, Iván Andrés (autor), xxiii. Colombia. Fuerza Aérea Colombiana. Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI) y Universidad Santiago de Cali.

629.13 -dc 21.

TL 545 G47 2022 LC

### **Cita este libro:**

Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroñero, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. (2022). *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia*. EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

### **Palabras Clave / Keywords:**

Desarrollo tecnológico; gestión de servicios aéreos, sector defensa y aeroespacial, educación y medio ambiente; tecnologías dron, logística empresarial, certificación aérea, levantamientos topográficos.

Technology development; aerial services, defense and aerospace, education and environment; drone technologies, business logistics, aerial certification, topographic surveys.

# Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia



**EMAVI**  
SELLO EDITORIAL



**ISBN: 978-958-53777-6-9**  
**ISBN (Digital): 978-958-53777-7-6**



**EMAVI**  
**SELLO EDITORIAL**



©Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI)

©Universidad Santiago de Cali

©EMAVI Sello Editorial

© Varios autores

**Dirección**

BG. Andrés Guzmán Morales

**Subdirección**

CR. Sergio Javier Moncayo Velásquez  
Escuela de Formación y Jefe de Estado Mayor

**Comando Grupo Académico**

TC. Yadira Cárdenas Posso

**Jefe Sección Investigación**

MY. Héctor Fabio Calvo Valencia

**Apoyo Gestión de Publicaciones Científicas**

PS. Diana María Mosquera Taramuel  
diana.mosquerat@emavi.edu.co

**Sección Investigación EMAVI**

Carrera 8 # 58-67 (La Base) Cali-Colombia  
Tel: +57 (602) 488 1000 Ext. 68841

**Fondo Editorial Universidad Santiago**

**Rector**

Carlos Andrés Pérez Galindo

**Directora General de Investigaciones**

Claudia Liliana Zúñiga Cañón

**Editor en Jefe**

Edward Javier Ordóñez  
editor@usc.edu.co

**Publicaciones / Editorial USC**

Bloque 7 - Piso 5  
Calle 5 No. 62 - 00  
Tel: (+57) (602) 518 3000 Ext. 323 - 324 - 414

Ira. Edición: 200 ejemplares  
Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2022

Publicado en Colombia-  
Published in Colombia

---

**Contenido relacionado**

<https://www.emavi.edu.co/es/investigacion/editorial-emavi>

<https://investigaciones.usc.edu.co/>

---

Las instituciones editoras de esta obra no se hacen responsable de las ideas expuestas bajo su nombre, las ideas publicadas, los modelos teóricos expuestos o los nombres aludidos por los autores. El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de los autores, no refleja la opinión de las directivas, el pensamiento institucional de las Universidades editoras, ni genera responsabilidad frente a terceros en caso de omisiones o errores.

El Sello Editorial de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons, que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente.

# Tabla de Contenido

<b>Prólogo.....</b>	<b>7</b>
<i>Capítulo 1.</i>	
Modelo de gestión de la innovación para un Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación.....	9
<i>Capítulo 2.</i>	
Propuesta para la certificación de la aeronave tipo Vento de la empresa Caldas Aeronáutica.....	37
<i>Capítulo 3.</i>	
Análisis de viabilidad para la reestructuración de rutas de interés social por parte de Servicios Aéreos a Territorios Nacionales (SATENA) en el periodo de Posacuerdo.....	61
<i>Capítulo 4.</i>	
Factores determinantes para el desarrollo tecnológico y la innovación en el sector defensa y aeroespacial colombiano como sectores para la transformación productiva.....	77
<i>Capítulo 5.</i>	
Propuesta de proceso de Educación mediante Modelo Inclusivo Híbrido.....	111
<i>Capítulo 6.</i>	
Una revisión desde las formas de rendición de cuentas ambientales en Colombia.....	149

*Capítulo 7.*

Metodología para el monitoreo preventivo de incendios forestales usando un vehículo aéreo no tripulado en los Cerros Tutelares de Cali.....173

*Capítulo 8.*

Comparación de levantamientos topográficos georreferenciados y sin georreferenciar realizados con drones.....213

*Capítulo 9.*

Aplicación de Tecnologías Dron para Operaciones de Emergencia.....243



# Prólogo

La Fuerza Aérea Colombiana diseña su estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial al 2042, movilizándolo un país a retomar la carrera aeroespacial y visualizar en mencionado sector múltiples oportunidades, razón por la cual el programa de Administración Aeronáutica de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” en trabajo colaborativo con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Santiago de Cali, generan diferentes líneas de investigación que nos permiten contar hoy con esta publicación científica.

En la obra encontraremos diferentes enfoques de cómo desarrollar el sector aeroespacial, partiendo del desarrollo de un modelo de gestión de la innovación a ser aplicado en la EMAVI, para incentivar en los programas académicos la investigación que redunde en productos de nuevo conocimiento y en capacidades en los alféreces y cadetes, futuros líderes del poder aeroespacial de Colombia.

Igualmente, se presenta un estudio de gestión tecnológica a través del cual se espera potenciar las capacidades del sector aeroespacial y de defensa, en pro de integrar la tetra hélice Sociedad – Universidad – Empresa y Estado.

Por otra parte, promoviendo el desarrollo de la industria de aeronaves tipo ultralivianos que en el Valle del Cauca tiene décadas de desarrollo, se propone una certificación para la aeronave tipo Vento de la empresa Caldas Aeronáutica, generando una metodología que puede ser utilizada por otras empresas, motivando a que el desarrollo y la innovación tecnológica finalicen en réditos comerciales para el sector.

En el mismo sentido, se realiza un análisis de viabilidad sobre SATENA y la continuación de su operación con el enfoque social que la caracteriza bajo la propiedad del Estado colombiano, con la finalidad de continuar cumpliendo con su misión de conectar e integrar las regiones menos desarrolladas del país.

Haciendo parte del sector, la investigación en Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV, por sus siglas en inglés) se hace presente, y pone a disposición tres resultados relacionados con nuevos enfoques de uso como el monitoreo preventivo de incendios forestales, el levantamiento topográfico georreferenciado y sin georreferenciar,

y el uso de la tecnología para operaciones de emergencia; lo que permite abrir el espectro de usufructo de esta tecnología.

Dos resultados transversales a los estudios se presentan, tal como la estrategia para la absorción, asimilación y adopción de tecnologías y el modelo híbrido de enseñanza, que da la base para que en el proceso enseñanza-aprendizaje en el sector aeroespacial se transforme las metodologías y migren hacia la incorporación de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Así como, un estudio de gestión de los costos ocultos en la generación de valor empresarial.

En razón de lo expuesto, un aporte importante de la obra es que busca hacer que la explotación del sector aeroespacial tenga expectativas lucrativas, lo que la hace sostenible en el tiempo, porque no solo dependerá del presupuesto del Estado, sino que se hace atractiva para la empresa, para la universidad y para la sociedad, quien en últimas recibe los aportes sociales, económicos y de innovación que se generen en el sector.

Por último, como aporte adicional a la investigación, los enfoques y metodologías de los estudios son todos diferentes convirtiéndose en referentes para extrapolarlos en el estudio a profundidad de otros sectores del país, o desde este mismo sector, puesto que aún son muchos los problemas a resolver y las oportunidades a construir. Gracias al Sello Editorial de la EMAVI, que, con un esfuerzo mancomunado de diferentes entes de la institución, permiten entregar al país una obra con rigor científico y de suma utilidad para la nación.

*TC. Yadira Cárdenas Posso*  
Comandante Grupo Académico  
Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”



# Capítulo 1.

## Modelo de gestión de la Innovación para un Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación

*Dr. Diego Morante*

<https://orcid.org/0000-0001-6543-1694>  
[dmorante75@gmail.com](mailto:dmorante75@gmail.com)

*MY. Guillermo Giraldo Martinez*

<https://orcid.org/0000-0002-0788-9151>  
[guillermo.giraldo@fac.mil.co](mailto:guillermo.giraldo@fac.mil.co)

*TE. Lina María Cajiao Pardo*

*TE. Paula Andrea Cárdenas*

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”  
Fuerza Aérea Colombiana

*Cita este capítulo:*

Morante, D.; Giraldo Martinez, G.; Cajiao Pardo, L. M. y Cárdenas, P. A. (2022). Modelo de gestión de la innovación para un Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martinez, G. A.; Ortega Madroñero, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 9-35). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Introducción

El presente capítulo de libro parte de un proyecto de investigación desarrollado en la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) “Marco Fidel Suárez”, orientado a proponer la estructura de un modelo que garantice la óptima gestión de la innovación en el sector aeroespacial para el Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación (DIDIN) adscrito a la Fuerza Aérea Colombiana (FAC). Este documento presenta la propuesta de un modelo de gestión de la innovación para ponerlo en marcha en el Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Fuerza Aérea Colombiana, a través de un diagnóstico conceptual sobre los procesos para la materialización de proyectos que se llevan en la EMAVI, estudiando los modelos de gestión de la innovación que aplican otras instituciones, con el propósito de tomar elementos de referencia que podían ser aplicados en el DIDIN. Finalmente, el modelo se estructuró definiendo los recursos y los fundamentos para la acertada gestión de la innovación, teniendo en cuenta las debilidades y capacidades organizacionales.

La problemática, se evidencia en el DIDIN por la falta de un marco general que integre las herramientas, los recursos y las fases previstas para llevar a cabo un proyecto innovador, así como los objetivos, políticas de innovación y métodos de evaluación y seguimiento aplicables a los resultados. Por esta razón, se propone la creación de un modelo que integra todos los aspectos mencionados y que está alineado con los intereses misionales de la FAC.

Durante la investigación se estudió la literatura relacionada con la gestión de innovación como el Manual de Frascati, el Manual de Oslo y Normas Internacionales sobre la materia; se analizaron distintos modelos de gestión de innovación que son aplicados internacionalmente al personal responsable de los procesos de investigación I+D+i en el DIDIN, así como docentes de los programas académicos de la EMAVI.

La propuesta cumple con los lineamientos exigidos por la norma NTC-ISO 5801 sobre los requisitos del sistema de gestión de la I+D+i, que permite la materialización de los proyectos, que aporten al desarrollo del sector aeroespacial colombiano, fomentarla cultura de la investigación de los programas de pregrado de la EMAVI.

El documento en la primera sección presenta los documentos que sirvieron como referencia para el cumplimiento del objetivo; en la segunda sección se hace una descripción de la metodología propuesta para el desarrollo de la investigación; en la tercera sección se muestra el proceso de recolección de datos y el análisis de la información obtenida; en la cuarta sección se dan a conocer los resultados obtenidos; finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

**Palabras clave:** Innovación, investigación I+D+i, gestión aeroespacial, departamento de investigación.

## Revisión de la literatura

Documentos y referencias para la estructuración de un modelo de gestión de innovación. Se utilizaron tres referencias fundamentales, las cuales sustentan al proyecto de investigación y se describen a continuación.

## Norma NTC- ISO 5801

La norma NTC-ISO 5801 fija los requisitos para elaborar los sistemas de gestión de investigación, desarrollo e innovación, a través de directrices que realizan un análisis interno y externo de las organizaciones, permitiendo identificar sus oportunidades y amenazas, para garantizar que los objetivos definidos y los proyectos seleccionados sean los adecuados y pertinentes, en relación con los recursos disponibles.

De esta norma se toman los siguientes aspectos importantes:

- Metodología PHVA. Para sistematizar los procesos I+D+i, se usa la metodología del ciclo de mejora continua de DEMMING como estrategia de competitividad, que eleva el potencial administrativo de las organizaciones (Castillo, 2019); a través del proceso continuo del Planear (definir los objetivos de sistema)- Hacer (aplicar los procesos)- Verificar (controlar el desarrollo y cumplimiento de los objetivos, informar los resultados)- Actuar (corregir las fallas en el proceso y garantizar la mejora continua del sistema).

- Elementos determinantes del entorno. Son elementos que impactan el desarrollo de las actividades de innovación y están relacionados con el entorno interno y externo de la organización. En el entorno interno se tienen en cuenta elementos como el direccionamiento estratégico de la organización; el compromiso con la investigación y el desarrollo; los recursos económicos que se tengan; las relaciones entre proveedores y usuarios; la comunicación y las relaciones organizacionales. Por otro lado, en el entorno externo se analiza el impacto de los procesos en la sociedad y en el ambiente; las tendencias y necesidades del mercado; las regulaciones, políticas y leyes que influyen en los procesos; las relaciones con los competidores; así como el apoyo de otras instituciones públicas y privadas.

## Manual de Oslo

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2016, p. 23), el Manual de Oslo establece una serie de directrices relacionadas con la recolección e interpretación de datos para entender mejor la innovación y su influencia en el desarrollo económico. La innovación es considerada como un aspecto primordial en la estrategia de las empresas para desarrollar nuevos productos o mejorar la eficiencia, aumentar la demanda y reducir los costos (OCDE y Eurostat, 2018).

De acuerdo, como lo define el mismo Manual de Oslo este documento esta para:

*“proporcionar pautas para recopilar e interpretar datos sobre innovación. Busca facilitar la comparabilidad internacional y proporciona una plataforma para investigación y experimentación en la medición de la innovación. Sus directrices son principalmente destinadas a apoyar las oficinas nacionales de estadística y otros productores de datos de innovación en diseñar, recopilar y publicar medidas de innovación para cumplir con una variedad de investigaciones y necesidades políticas. Además, las pautas también están diseñadas para ser de valor directo para los usuarios de la información sobre innovación”.*

De este documento para la innovación se extrajo la siguiente información para la construcción del modelo:

- **Tipos de innovación.** La innovación puede ser entendida como un proceso de “destrucción creativa”, es decir, de sustituir tecnologías antiguas por unas nuevas. Además, pueden clasificarse como radicales (si los cambios que generan son inmediatos) o progresivas (si los cambios se generan de manera continua).
- **De acuerdo con el objeto de la innovación puede clasificarse en innovación de productos y de procesos del modelo de negocio o para este caso de la organización que generan una ventaja competitiva.** La innovación de productos se divide en innovación de bienes y servicios; la innovación de procesos a su vez se divide en innovación de producción de bienes y servicios, distribución y logística, mercadeo y ventas, sistemas de información y comunicación, gestión y administración, desarrollo de productos y procesos de desarrollo de negocios (OCDE y Eurostat, 2018). También se plantea cinco (5) tipos de innovación: introducción de nuevos productos, introducción de nuevos métodos de producción, apertura de nuevos mercados, desarrollo de nuevas fuentes de suministro y creación de nuevas estructuras de mercado (OCDE y Eurostat, 2018). Factores que influyen en la innovación. Se tienen en cuenta factores impulsores que alientan la actividad innovadora; factores obstaculizadores que impiden o afectan la innovación; y factores relacionados con las capacidades de la empresa para mejorar las innovaciones, a través del seguimiento a los resultados y la protección frente a los competidores.
- **Vínculos en el proceso de innovación.** Son los laboratorios, universidades, proveedores y clientes, que suministran información, tecnología, prácticas y recursos a la institución que desarrolla la innovación, los cuales pueden ser internos o externos.
- **Marco general para la medición de innovaciones.** El Manual de Oslo tiene en cuenta las siguientes características para la medición de las innovaciones: innovación de la empresa; vínculos con otras empresas e instituciones públicas de investigación; marcos institucionales en los que funcionan las empresas y el papel de la demanda.

## Pactos por la innovación de Minciencias

Los pactos para la innovación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación son un acuerdo firmado entre empresas que usan la innovación

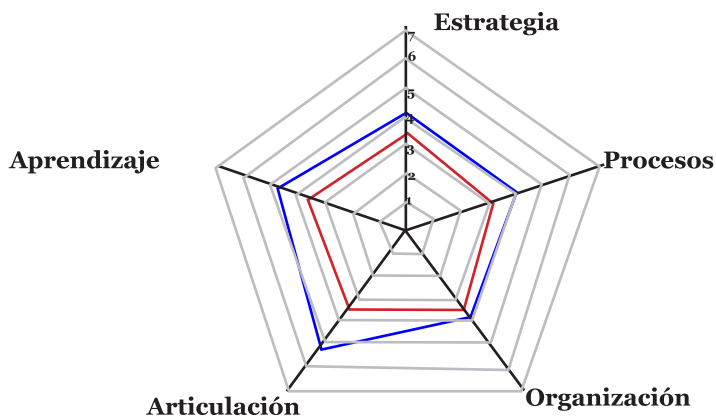
como una estrategia de crecimiento y desarrollo, en el cual las empresas involucradas se comprometen a hacer un autodiagnóstico de los aspectos de su innovación y, a partir de esto, reciben una hoja de ruta (Minciencias, 2022).

Los aspectos evaluados son los sistemas de innovación y las alianzas. En el cual en los primeros se evalúa como se impulsan las capacidades de las empresas para generar y consolidar las ideas de una forma eficiente que asegure el éxito de los resultados usando metodologías y técnicas; en las alianzas se evalúa como utilizan este mecanismo como una herramienta para fomentar la cultura de la innovación de las empresas que forman parte de los pactos (Minciencias, 2022).

Partiendo de este proceso establecido por Minciencias se tomó el proceso de autodiagnóstico aplicado en el DIDIN como punto de partida de esta investigación, donde se dedujo que la capacidad innovadora tiene una fuerte articulación y los aspectos como los procesos, la estrategia y el aprendizaje se encuentran un poco por encima del promedio, mientras que su organización es deficiente. Por esta razón el DIDIN, de acuerdo con Ministerio de Ciencia, Tecnología e información, tiene un promedio de 5.5 el cual es mayor a la línea base, pero aún puede alcanzar un nivel muy superior considerando que las organizaciones más avanzadas tienen un promedio entre 6 y 7 (Minciencias, 2022).

Figura 1

Radar de gestión de innovación del DIDIN



Fuente: Minciencias.



Se considera que el DIDIN es una organización de innovación avanzada de acuerdo con su capacidad interna de gestionar la innovación y a la capacidad de movilización del sector.

Finalmente, se concluye que el DIDIN necesita una mejor organización y estrategia para desarrollar la innovación y fomentar la cultura innovadora.

## Metodología

El método de la investigación es cualitativo, el documental-explicativo y de diagnóstico-intervencionista (Hernández Sampieri et al., 2014), mediante, el cual se diseñó una propuesta de un marco general para la materialización de los proyectos innovadores en el DIDIN, conociendo los detalles de la necesidad para generar la solución más óptima; haciendo uso de metodologías, teorías y modelos anteriores en el campo de la gestión de innovación.

Para el desarrollo de la investigación se hizo, una revisión de la literatura relacionada con la gestión de innovación, para ser utilizada como guía para el análisis del Modelo de Gestión de la FAC. Para la fase de diagnóstico se diseñaron los instrumentos de recolección de información en la investigación conformados por guías de observación, cuestionarios de entrevistas y encuestas que fueron aplicados a la población objeto de estudio; seleccionando a los actores que participan en los procesos de innovación e investigación en el DIDIN, conformado por jefes de departamento y de laboratorios, así como docentes investigadores del programa de pregrado de Ingeniería Mecánica de la EMAVI. A partir de los datos obtenidos, se hizo una clasificación y análisis basado en la confrontación de los procesos de innovación de la FAC y del DIDIN, con los requerimientos exigidos por la norma técnica de referencia, lo señalado en la literatura relacionada y lo aplicado por otras instituciones de referencia (Hernández Sampieri et al., 2014).

Para consolidar el diagnóstico se elaboraron matrices PCI y DOFA, en las que se señalaron los juicios resultantes del análisis, así como las oportunidades ante lo exigido por la norma y a lo aplicado en las instituciones de referencia. Teniendo en cuenta esto se plantea la estructura y el funcionamiento del sistema de gestión de la innovación más favorable para su aplicación en la Institución, la cual incluye, la diagramación, documentación y definición de las características para su implementación.

## Desarrollo

Para la recolección de datos se estudió el Modelo de Gestión Institucional actual de la Fuerza Aérea Colombiana y el Modelo de Gestión del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación. Así mismo, se entrevistó al personal relacionado con los proyectos de innovación en el DIDIN, verificando la coherencia de infraestructura y los procesos que se desarrollan actualmente en materia de gestión de innovación con los requisitos establecidos en la norma NTC-ISO 5801 para los sistemas de gestión de I+D+i. Posteriormente, se identificaron las fortalezas y debilidades del Departamento en dicha área.

Se estudiaron modelos de gestión de innovación aplicados en otras instituciones y centros de desarrollo con el fin de tomar referencias para el modelo que será aplicado en el DIDIN.

## Evaluación del modelo de gestión de la FAC

La estructura del Modelo de Gestión Institucional de la FAC se fundamenta en tres ejes: eje estratégico, eje de procesos y eje de transformación. En este último se incluye el componente de innovación, el cual, se aplica a los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico enfocados a generar productos y transformar procesos para proyectar a la FAC como una institución líder y preferente regional, con alcance global y con capacidades disuasivas reales, permanentes y sostenibles, por lo cual, se entiende la innovación como un “factor esencial” en el proceso de mejoramiento continuo y la visión institucional (Fuerza Aérea Colombiana, 2011, 2020).

Se considera que la innovación por sí sola, no garantiza necesariamente que se alcance el objetivo de mejora en la institución. Por el contrario, si se plantea de manera inadecuada, la gestión de la innovación puede conducir a un fracaso. Por esta razón se hace necesario establecer metodologías y estrategias definidas para poder innovar en los procesos y en los productos generados por la FAC, utilizando herramientas que permitan definir los factores impulsores u obstaculizadores del entorno en el proceso de innovación (Modelo de Gestión FAC, 2016).

La innovación debe ser parte de la cultura de aprendizaje de la Fuerza Aérea Colombiana, debido a que esta sustenta la productividad del conocimiento de cada uno de sus miembros, al integrarse a los procesos y operaciones,

para que se generen nuevos proyectos innovadores que impulsen el desarrollo científico y tecnológico y la capacidad de asumir nuevos retos que mejoren la competitividad y la productividad institucional.

### **Evaluación del modelo de gestión del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SCTel)**

El SCTeI FAC es un sistema articulado al Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa Nacional que está conformado por estrategias, programas y actividades de ciencia, tecnología e innovación, establecidas en el Plan Estratégico Institucional 2011-2030.

Para la estrategia 2042 la FAC establece que se debe garantizar una transformación permanente, teniendo como propósito la consolidación de una Fuerza polivalente e interoperable que se consolide como preferente y líder regional. Establece nuevos dominios donde debe actuar la ciencia y la tecnología para apoyar la operación en el aire, el espacio y el ciberespacio para proteger la nación, así como para permitir la libertad de acción a las fuerzas amigas, mientras se la niega al enemigo (Fuerza Aérea Colombiana, 2020).

En cuanto a la política relacionada con Ciencia Tecnología e Innovación se establece lo siguiente:

*“El impulso a proyectos de investigación, ciencia, tecnología e innovación, se desarrollará con el fin de satisfacer necesidades de la Fuerza, cumplir la misión y avanzar tecnológicamente, permitiendo el fortalecimiento y la sostenibilidad de las capacidades”. (Fuerza Aérea Colombiana, 2020)*

Por consiguiente, el DIDIN de EMAVI debe enfocar sus esfuerzos a avanzar tecnológicamente, garantizando el fortalecimiento y la sostenibilidad de la FAC enmarcado en la misión asignada.

El propósito del SCTel es Desarrollar actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI), que permitan generar una ventaja militar e impulsen la independencia tecnológica para fortalecer el dominio del aire, el espacio y el ciberespacio. Conectando esfuerzos institucionales para la creación, la apropiación y transferencia de conocimiento y tecnologías en beneficio de la defensa y seguridad nacional.

**Objetivos de la investigación de la FAC.** El Modelo de Investigación del Sistema Educativo de la Fuerza Aérea Colombiana (MOINV, 2015, p. 10) establece los siguientes objetivos de la investigación:

- Contribuir al análisis y solución de los problemas más pertinentes de la FAC, especialmente en los campos del conocimiento científico y/o tecnológico.
- Contribuir a la formación de una cultura institucional que reconozca a la investigación como uno de los ejes fundamentales para el soporte de la institución.
- Contribuir a la formación de Oficiales, Suboficiales y civiles con perfil de investigadores que en el futuro se desempeñen como investigadores y/o gestores de los centros de formación e investigación de la Fuerza Aérea Colombiana.
- Establecer y consolidar los nexos del SCTeI con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, el sector aeroespacial, la industria aeronáutica regional y el sistema educativo en sus diferentes niveles.
- Contribuir al mejoramiento y modernización de los procesos de formación académica que se desarrollan en la institución.

**Funciones primarias del SCTeI.** Se fundamentan en la visión institucional, la cual encamina el desarrollo tecnológico hacia los intereses del país en general. Dichas funciones se exponen a continuación:

- **Sostener la Fuerza:** planteando soluciones que reduzcan la dependencia tecnológica de la FAC a través de programas de investigación de auto sostenibilidad y apoyo misional.
- **Modernizar la Fuerza:** es la función principal para el mediano plazo. Consiste en desarrollar capacidades distintivas para la FAC a través de vínculos con otras instituciones, que la lleven a tener una ventaja tecnológica en el ámbito aeroespacial.
- **Proyectar la Fuerza:** esta función se enfoca al largo plazo. Orienta la institución al liderazgo aeroespacial, contribuyendo a los objetivos de la nación.

Procesos y recursos para la ejecución de proyectos I+D. La metodología aplicada para alcanzar los objetivos de los proyectos comprende los siguientes aspectos de acuerdo a lo que se encuentra reglamentado en el MOINV y en el procedimiento GH-JEAES-PR-003 “Gestión Integral de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) en la Fuerza Aérea Colombiana” (Villamil et al., 2021):

- **Formulación, evaluación y aprobación:** presentar ante el Comité de Ciencia, Tecnología e Innovación (CCTel) los proyectos para que sean aprobados, o desarrollar los proyectos estratégicos indicados por el alto mando teniendo en cuenta su afinidad con las líneas de investigación, su pertinencia y su factibilidad. Para este proceso pueden ser convocados evaluadores externos.
- A partir de la evaluación se define si los proyectos serán financiados y se llevan a la instancia más adecuada, que puede ser interna (DICTI) a través de convenios de espaciales de cooperación o externa a través de fondos como el Francisco José de Caldas (Minciencias).
- **Control y seguimiento:** supervisar el desarrollo y los resultados del proyecto, documentando el logro de los objetivos y la ejecución del plan financiero y técnico.
- **Financiación:** la correcta ejecución de los recursos destinados para el proyecto es responsabilidad del investigador principal exclusivamente, quien está bajo la supervisión de la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación. Los proyectos financiados por fuentes internas están regidos de acuerdo a la normatividad vigente para la FAC, mientras que los que reciben apoyo de entes externos tendrán en cuenta las condiciones y características indicadas en los términos de referencia propias de la entidad que convoca.
- **Administración:** se refiere a la gestión del talento humano y los recursos financieros, físicos y de tiempo.
- **Reconocimiento de la actividad desarrollada:** teniendo en cuenta el Régimen Común sobre Propiedad Industrial y la normatividad vigente en la FAC, se reconocerán los derechos de autor y propiedad industrial de los resultados en lo referente a los derechos morales, los derechos patrimoniales son de propiedad de la FAC o de acuerdo con lo que se negocie si en el proyecto participa un externo a la FAC.

- **Acciones por incumplimiento:** se tomarán acciones administrativas, disciplinarias, fiscales y penales sobre los proyectos cuyos resultados no cumplan con los objetivos aprobados sin que exista una razón justificable, para restituir a la Institución los recursos invertidos.

### **Análisis de la infraestructura y los procesos que desarrolla actualmente el DIDIN en materia de gestión de innovación**

El Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Escuela Militar de Aviación fue inaugurado el 25 de julio de 2002 con el propósito de soportar los programas de pregrado de la EMAVI, a través del desarrollo de actividades formativas de investigación, que apoyen y soporten desde la base formativa los programas de investigación de la FAC.

Los proyectos desarrollados hasta el momento por el DIDIN están enfocados en producir tecnologías innovadoras que impacten en la operación y en la logística de la FAC, pero no se ha logrado el impacto esperado, debido al bajo nivel de adopción tecnológica de la FAC a nivel organizacional, doctrinario y táctico (el usuario final de la tecnología).

Líneas de investigación de los proyectos del DIDIN. Los proyectos que ha desarrollado el DIDIN hasta la fecha están relacionados con la conceptualización, administración e implementación de actividades de investigación y desarrollo, a través de programas y proyectos de innovación en tecnología aeroespacial. De acuerdo con lo establecido en los programas de investigación de la FAC: El programa de Autonomía Institucional, El Programa de Apoyo a la Misión, El Programa de Ventaja Tecnológica, El programa Espacial FAC y El Programa Antártico FAC.

El DIDIN está en la capacidad de: diseñar, manufacturar y transferir a la industria piezas, componentes, equipos y sistemas especiales para vehículos aeroespaciales; realizar pruebas aerodinámicas en túneles de viento; llevar a cabo pruebas ambientales de materiales y equipos aeroespaciales; así como producir prototipos no funcionales usando arquetipos.

**Laboratorios y equipos.** El DIDIN cuenta con los servicios de diseño asistido por computador en 3D para modelados de sólidos; entrega de planos impresos en plotter; prototipado; mecanizado de piezas en fresadora de control numérico en el sistema integrado CAD/CAM; determinación de espesores de recubrimiento sobre materiales ferrosos y no ferrosos;



medición de rigurosidad superficial con medidor portátil digital automático; medición de dureza HRB y HRC; sonda de temperatura por infrarrojos; módulo transductor de alta presión; sistema de adquisición de datos con acondicionamiento de señales y escáner en tres dimensiones.

### **Análisis de los datos obtenidos en las entrevistas realizadas al personal responsable de los procesos de innovación en el DIDIN**

Se elaboraron las entrevistas al personal responsable de los proyectos del DIDIN la Sección de Investigación de la Escuela Militar de Aviación, y una muestra de los docentes del Programa de Ingeniería Mecánica, realizando proceso de validación con expertos para la aprobación de los instrumentos diseñados y el ajuste de acuerdo con los resultados obtenidos con el Jefe Departamento I+D+i EMAVI, (02) Docentes del Programa de Ingeniería Mecánica: y el Jefe Laboratorio Materiales. Asimismo, se realizó un proceso de validez racional en el que se contrastó el marco teórico y las preguntas del instrumento utilizado.

Al aplicar los instrumentos para las entrevistas se lograron obtener las siguientes conclusiones:

Conclusiones obtenidas a partir de las entrevistas. Teniendo en cuentas las opiniones y respuestas del personal entrevistado se pudo deducir que el DIDIN, no cuentan con un modelo adecuado para la gestión de innovación por los motivos que se exponen a continuación: En primer lugar, los procesos y actividades presentan debilidades de estandarización y procedimentación que permitan, llevar a cabo un adecuado seguimiento a los productos.

- Aunque se cuenta con personal altamente capacitado, generalmente se abandona la materialización de las ideas en proyectos innovadores, la ausencia de claridad en los procesos de gestión. Por otro lado, los proyectos no generan un retorno sobre la inversión por qué no se implementan en los procesos de la FAC. Asimismo, no se están teniendo en cuenta las necesidades ni las tendencias de la demanda para la selección de las ideas.
- La financiación de los proyectos está regida por la Ley 80, y no se está aplicando lo descrito en el decreto ley 593 de 1991 y en el decreto de reglamentación de CTeI, la cual exige una proyección detallada

de los recursos que van a ser requeridos, con un costo margen de acción para solventar los requerimientos de un proyecto de I+D+i. De igual forma, se tienen dificultades de financiación relacionadas con la inadecuada estructuración de los proyectos, para acceder a convocatorias internas o externas.

- La alianza con otros grupos y bases áreas de la FAC, brindan al DIDIN las herramientas e infraestructura propicias para la realización de los proyectos que aporten a suplir las necesidades de la FAC.
- Finalmente, se concluyó que es necesario estandarizar, detallar y documentar los procesos en el DIDIN y a nivel institucional garantizando la eficiencia en su desarrollo y la calidad de sus productos, para lograr el máximo beneficio de la cooperación con otras instituciones.

**Matriz PCI.** Es una Matriz que permite calificar el grado que se encuentran las fortalezas y debilidades en cada uno de los recursos internos de la organización dándole una calificación de nivel de bajo medio o alto (Serna, 2015). De acuerdo, al análisis realizado bajo un proceso deductivo de los autores contrastando las respuestas de los entrevistados, el marco teórico planteado en la investigación y el instrumento aplicado, infiriendo las premisas permitiendo presentar de la Capacidad Interna del DIDIN obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 1  
Análisis interno de fortalezas y debilidades

Calificación	Fortaleza			Debilidad			Impacto		
	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
<b>CAPACIDAD DIRECTIVA</b>									
1. Direccionamiento estratégico					X		X		
2. Cumplimiento a los contratos				X			X		
3. Alianzas estratégicas con proveedores y servicios complementarios	X						X		

Calificación	Fortaleza			Debilidad			Impacto			
	Factores	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
4. Adaptabilidad según necesidades del sector				X					X	
5. Trayectoria y reconocimiento como institución		X							X	
<b>CAPACIDAD COMPETITIVA</b>										
1. Participación en el mercado regional				X				X		
2. Portafolio de productos				X				X		
<b>CAPACIDAD TECNOLÓGICA</b>										
1. Capacidad técnica y de manufactura	X							X		
2. Efectividad de la producción				X				X		
<b>CAPACIDAD DE TALENTO HUMANO</b>										
1. Experiencia del recurso humano			X					X		
2. Estabilidad y pertenencia				X				X		

Fuente: elaboración propia.

**Matriz DOFA.** A partir del análisis de la matriz PCI y de los resultados obtenidos en el desarrollo de las entrevistas, se presenta la matriz DOFA para la implementación de un Modelo de gestión de innovación dentro del Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación.

## Debilidades

D1. Carencia de una cultura de innovación.

D2. Baja rentabilidad y aplicación de las innovaciones.

D3. Desarticulación de los procesos, métodos y sistemas.

D4. Falta de documentación y estandarización.

## Fortalezas

F1. Competitividad y reputación en el sector Aeroespacial Colombiano.

F2. Calidad del talento humano y adecuada infraestructura.

F3. Articulación con otras áreas de la institución.

F4. Posibles fuentes de financiación.

## Oportunidades

O1. Crecimiento del mercado en el ámbito aeroespacial.

O2. Desarrollo y adquisición de tecnologías de fabricación.

O3. Incremento en el apoyo a proyectos de I+D+i de uso Dual en el mercado en el mercado nacional e internacional.

O4. Posibilidades de cooperación tecnológica y alianzas nacionales e internacionales.

## Amenazas

A1. Falta de seguimiento a los resultados de los proyectos.

A2. Baja tasa de adopción tecnológica de los productos innovadores.

A3. Continuo y rápido avance de la tecnología.

A4. Competencia creciente.

## Estrategias DO

O3D1. Emplear el apoyo a los procesos de innovación como un factor que impulse la cultura de la innovación dentro de la institución.

O4D4. Acceder a la experiencia de otras entidades líderes en procesos de innovación.

O2D3. Aprovechar las tecnologías existentes en los procesos internos, para fortalecer la gestión de la innovación.

O1D2. Desarrollar proyectos de interés para el mercado aeroespacial, y los intereses institucionales, con un proceso de implementación de los resultados de forma eficiente a las actividades de la FAC.

## Estrategias DA

D1A4. Fomentar la cultura de la innovación y la creatividad dentro de la institución con el fin de fortalecer la competitividad institucional.

D3A1. Implementar procesos y automatizarlo a través de sistemas para facilitar la gestión de innovación y que permitan ejercer un adecuado seguimiento de los proyectos y sus productos.

D2A2. Promover la implementación de los resultados de los proyectos innovadores a nivel interno y transferirlos a nivel externo para obtener un retorno sobre la inversión.

D4A1. Procedimentar las actividades de innovación, teniendo en cuenta el control y la vigilancia sobre los resultados de investigación generados.

## Estrategias FO

F1O1. apoyar y potenciar el crecimiento del sector aeroespacial para suplir el creciente mercado nacional e ingresar al mercado internacional.

F4O2. Incrementar la inversión financiera en el desarrollo de tecnologías innovadoras.

F3O4. Integrarse con otras áreas de la institución, y mejorar los procesos de cooperación científica y tecnológica con otras entidades del orden nacional e internacional para potenciar a materialización de proyectos innovadores con alto impacto y valor agregado.

F2O2. Fortalecer la apropiación de nuevas tecnologías y mantener y desarrollar la infraestructura adecuada para garantizar la generación de un círculo virtuoso que permita la creación continua de nuevas tecnologías innovadoras.

## Estrategias FA

F3A1. Proponer la implementación de los proyectos innovadores en las diferentes áreas de la institución que se beneficien, y ejercer el debido control sobre su desempeño y realizar las acciones de mejora correspondientes que se evidencien en su operación real.

F1A2. Impulsar la transferencia de tecnologías innovadoras a las empresas regionales para apoyar su posicionamiento en la industria aeroespacial nacional e internacional.

F2A3. Mantener al personal de la institución altamente capacitado dentro del contexto tecnológico actual y fortalecer la infraestructura tecnológica constantemente para afrontar continuamente nuevos retos tecnológicos.

F1A4. Mantener un alto nivel de reconocimiento nacional e internacional para ser referentes regionales.

## Evaluación de los modelos aplicados en otras instituciones o centros de desarrollo tecnológico del país y la región

Los modelos de gestión de la innovación analizados tienen características particulares que hacen que unos sean más aptos que otros para responder a cada tipo de necesidad de las organizaciones en materia de innovación.

Estos fueron: el Modelo de Funciones Básicas para la Gestión de Innovación, Modelo Temaguide de COTEC, Modelo Kaplan y Norton, Modelo de Gestión de la Innovación en el Sector Servicios y el Modelo de Enlaces en Cadena.

Se determinaron los aportes y deficiencias de cada uno definiendo los elementos aplicables al modelo del DIDIN, los cuales se presentan a continuación:



Tabla 2

Análisis comparativo de los modelos de la gestión de la innovación

Modelo gestión de la innovación	Característica	Aportaciones	Deficiencia
Funciones Básicas Gestión de la Innovación (Samuel et al., 2010)	Incluye cinco funciones: inventariar, evaluar, vigilar, optimizar y proteger.	Útiles para entender de formas simplificada y racional el proceso de innovación. Sientan las bases de modelos posteriores.	Alcance elemental No incluye mecanismos para seguimiento y control.
Modelo Temaguide de COTEC (Amador y Márquez, 2009)	Propone cinco funciones: vigilar, focalizarse, capacitar, implantar y aprender.	Enfatiza en el conocimiento del entorno (mercado) y en la capacidad de aprendizaje de la organización.	Al ser un modelo lineal los procesos de retroalimentación son limitados.
Modelo de kaplan y Norton(Kaplan y Norton, 2004)	Cuatro perspectivas fundamentales del Cuadro de Mando Integral, donde en las perspectivas internas, uno de los procesos medulares de la empresa es la gestión de la innovación, definida en tres procesos fundamentales: identificación de oportunidades, gestión de la cartera de proyectos, diseñar y desarrollar, y lanzamiento del producto al mercado.	Concibe la innovación como una de las funciones básicas para la competitividad de las empresas. Incluye sistema de medición, a través de indicadores.	No incluye funciones la vigilancia tecnológica y la protección de la tecnología.
Modelo de Gestión de la Innovación en el Sector Servicios(Arzola y Mejías, 2007)	Propone siete funciones: liderazgo, planificación estratégica, procesos, satisfacción de clientes, organización, competencia de recursos humano y responsabilidad social.	Adecuado al sector de servicios.	Genérico, no incluye las funciones básicas para la gestión de la innovación.
Modelo de Kline de Enlaces en Cadena o Modelo Cadena-Eslabón (Arellano et al., 2008)	No hay progresión lineal entre las actividades del proceso, permitiendo que se mejore cada etapa de desarrollo.	En cada etapa de la investigación mejora el desarrollo corrigiendo las novedades.	Deja de un lado la importancia de generación de redes y hacer parte de sistemas de CT&I.

Fuente: elaboración propia.

## Resultados

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir del análisis de los procesos internos de la institución y demás literatura relacionada con la gestión de innovación, se estructuró una propuesta del Modelo de Gestión de la Innovación para el DIDIN, usando como guía los requerimientos y las características establecidas en la Norma NTC-ISO 5801.

### Propuesta del modelo de gestión de innovación para el DIDIN

Para construir la propuesta del Modelo de Gestión de Innovación del DIDIN se realizó un esquema de procesos y recursos que se requieren para materializar satisfactoriamente las ideas en proyectos innovadores en beneficio del cumplimiento de la misión y visión de la FAC. Teniendo en cuenta la normatividad vigente y las necesidades del DIDIN, así como las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas previamente identificadas.

El objetivo general del Modelo de Gestión de la Innovación del DIDIN es el de:

Dotar al DIDIN con una estructura que sistematice los procesos de I+D+i y optimice el desarrollo de las actividades relacionadas con la materialización de nuevas ideas en productos innovadores, las cuales deben enmarcarse en el cumplimiento de la misión y la visión institucional, orientando las acciones a fomentar la cultura de aprendizaje y a aumentar la competitividad de la institución para posicionarla como una entidad líder en el entorno aeroespacial.

Figura 2  
Modelo de Gestión de la Innovación DIDIN



Fuente: elaboración propia.

## Fases del modelo

El modelo consta de cinco fases, a las cuales se les hace un seguimiento periódico con el propósito de identificar posibles fallas o elementos de mejora en los resultados parciales. Cada cambio puede significar una modificación en un proceso anterior, por lo que todas las fases deben estar relacionadas entre sí y retroalimentarse continuamente.

**Fase 1. Identificar:** Analizar las necesidades internas del DIDIN y de la institución, examinar el entorno, determinando los elementos que impulsan la creación de productos innovadores. Las necesidades deben estar relacionadas con problemas que se puedan solucionar con actividades de investigación formativa de los programas de pregrado de la EMAVI que, a su vez, deben estar alineadas a las líneas de investigación del MOINV, en búsqueda de generar ventajas operacionales y logísticas en el cumplimiento de la misión. Por otro lado, en la examinación del entorno externo, debe direccionar la necesidad de innovar en las áreas en que las oportunidades y las amenazas lo permitan, y es importante establecer las alianzas de investigación con organizaciones de la industria aeroespacial y la academia nacional e internacional.

**Fase 2. Idear:** Esta fase busca aterrizar la idea identificada en la formulación de un proyecto que permita crear nuevos productos y/o mejorar los existentes, con el fin de responder a las necesidades que fueron identificadas en la etapa previa.

**Fase 3. Seleccionar:** Elegir las ideas formuladas en un proyecto y establecer la viabilidad tecnológica, técnica y financiera, teniendo en cuenta aspectos como: afinidad con los intereses y las políticas definidas en el direccionamiento estratégico de la FAC; potencial formativo y la oportunidad de generar nuevos conocimientos; impacto positivo en la sociedad; impacto medioambiental; ética científica; oportunidad de implementación; posibilidad de financiamiento; impacto sobre la organización.

Debe evaluarse el entorno del proyecto, teniendo en cuenta que este determina si la organización está en la capacidad de desarrollar el proyecto en un producto implementable. Los elementos para evaluar son:

- La experiencia profesional, capacitación del personal, sinergia en equipo y motivación del recurso humano.
- Vínculos y alianzas estratégica con universidades, centros de I+D+i, laboratorios y demás entidades públicas y privadas que faciliten la obtención de la información, tecnologías, prácticas y recursos.
- Fuentes de financiación propias o ajenas, para garantizar la existencia del capital financiero necesario para garantizar el éxito del proyecto, se pueden utilizar herramientas como los convenios especiales de cooperación y alianzas con otras organizaciones del orden territorial o internacional.
- Áreas de trabajo, equipos y servicios (infraestructura tecnológica) de apoyo asociados con el desarrollo de la investigación, y su disponibilidad a nivel interno y externo que garanticen el cumplimiento de los objetivos del proyecto

**Fase 4. Diseñar:** Para el desarrollo de productos tecnológicos innovadores es importante que en la fase de desarrollo exploratorio se diseñen prototipos de concepto, de banco, de laboratorio, y en la fase de asimilación e implementación se generen prototipos tecnológico e industrial (el prototipo ya listo para implementar) para lograr suplir las necesidades

del usuario final en cada uno de los detalles, si el producto planteado busca generar una TRL superior a 3 debe hacerse en coordinación con los centros de I+D+i de la FAC debido a que el conocimiento requerido es superior al de estudiantes de pregrado. Es clave realizar pruebas piloto para identificar fallas que puedan ser corregidas antes de continuar con el proceso e impedir que se estropeen los resultados finales y puedan impedir su implementación. Cuando las fallas detectadas sean corregidas se puede pasar a la siguiente fase del modelo (Vega González, 2009).

**Fase 5. Implementar:** Se refiere al uso del producto por parte de los procesos operacionales y logísticos de la FAC y/o su transferencia a la industria para su comercialización, utilización. Esta fase incluye el seguimiento del comportamiento del producto y las acciones de mejora que se requieran generar con apoyo del usuario final. La percepción de los usuarios en esta etapa permite mejorar los resultados y generar nuevas ideas.

## Aspectos relacionados con la gestión de la innovación

**Investigación.** El proceso de investigación es usado dentro de la gestión de innovación para resolver problemas a través de la exploración del conocimiento. Esto lo convierte en un elemento fundamental y transversal a todas las fases del modelo, es clave desarrollar un buen proceso de formulación de la investigación para mitigar riesgos de fracaso.

**Documentación.** Se deben registrar y documentar todas las actividades del proceso con el que se desarrolló el producto innovador, en esta fase es importante tener en cuenta la forma de garantizar de forma adecuada la documentación del proceso de identificación, creación, selección, organización, almacenamiento y uso del conocimiento tácito y explícito generado a través del proyecto (Gómez, 2006). Esto permitirá que los elementos identificados en el seguimiento y retroalimentación de cada una de las fases permitan, mantener y mejorar el modelo, para generar con el pasar del tiempo productos con un mayor impacto institucional.

**Propiedad intelectual.** El modelo y los resultados de los proyectos deben ser protegidos a través de lo establecido en la Guía de propiedad Intelectual de la Fuerza Aérea Colombiana, se debe tener en cuenta realizar acuerdos de P.I. antes de formalizar alianzas con otras entidades para el desarrollo de investigaciones, para garantizar que se respeten los derechos morales y patrimoniales de las partes.

**Cooperación Científica para la Innovación.** A partir de la cooperación con otras áreas de la EMAVI y de la FAC, y con otras organizaciones del orden nacional e internacional, se puede acceder a la infraestructura y las herramientas necesarias para la materialización de las ideas innovadoras. Además, para impulsar el cumplimiento del alcance de los proyectos. Por este motivo es clave construir vínculos estables con organizaciones externas como Minciencias, universidades regionales y empresas que forman parte de los Clústeres del Valle del Cauca.

## Conclusiones

Mediante la elaboración de esta investigación se concluyó:

- Teniendo en cuenta las directrices establecidas en la Norma NTC ISO 5801, existen falencias en forma en la que se está llevando a cabo el proceso de innovación en el DIDIN y en la FAC, relacionados con la ausencia de sistematización y documentación de los procesos; la falta de seguimiento a los a los resultados proyectos concluidos y los productos que llegan a implementarse; la carencia de una cultura institucional que promueva la innovación; y el desarrollo de alianzas estratégicas a través de convenios con entes del orden nacional e internacional de la industria y la academia.

A diferencia del modelo anterior, uno de los aspectos más relevantes por este modelo, es la inclusión de un proceso de validación social, tecnológica y económica que permite, que permite mejorar los procesos de selección de proyectos.

El modelo plantea por primera vez el proceso de implementación de proyectos dentro de los procesos operacionales y logísticos de la FAC, o su posible transferencia al sector civil para su explotación comercial a través de un aliado estratégico.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis a las actividades del DIDIN en los procesos de innovación, se determinó que es necesario implementar un modelo de gestión documental y del conocimiento que permita la mejora continua de la materialización de las ideas en proyectos innovadores implementos en los procesos de la FAC.

- La propuesta del modelo de gestión de la innovación para el DIDIN planteada en este estudio, cumple con los parámetros mínimos establecido para un modelo de este tipo de acuerdo con la literatura y los modelos estudiados en innovación. El modelo propuesto que consta de cinco fases, así como de ejes transversales a todas estas, como lo son la documentación, la investigación, el seguimiento y la cooperación innovadora, si se aplica correctamente garantiza que una idea se materialice en la mejora de los procesos operacionales, logísticos y la generación de ventajas competitivas (militares) para la FAC.
- El modelo del DIDIN, permite generar procesos de mejora continua que impactan positivamente en el liderazgo regional de la institución, fortaleciendo el sector de la industria aeroespacial colombiana la generación de nuevo conocimiento que aporta al desarrollo de la academia, que finalmente se refleja el fortalecimiento del componente físico del poder aéreo y espacial(Fuerza Aérea Colombiana, 2018).

## Referencias

- Amador, B. y Marquez, A. (2009). *Un modelo conceptual para gestionar la tecnología en la organización*. Revista espacios 30(1), 1-23.
- Arellano, A., Córdova, E. y Hernández, J. (2008). *La sexta generación de los modelos de innovación en competitividad industrial, una propuesta TRIZ*. Trabajo presentado en el XII Congreso Internacional de la Academia de las Ciencias Administrativas AC (Acacia) del Instituto Tecnológico de Puebla, Tijuana, México.
- Arzola, M. y Mejías, A. (2007). Modelo conceptual para gestionar la innovación en las empresas del sector servicios. *Revista venezolana de Gerencia*, 12(37), 66-79.
- Castillo, L. (2019). El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/34875>.
- Consejo Aragonés de Cámaras de Comercio. (2016). *Modelos de Innovación*. Zaragoza, España. Recuperado de: [www.camarasaron.com/innovación/docs/0103\\_InnovacionModelos.pdf](http://www.camarasaron.com/innovación/docs/0103_InnovacionModelos.pdf).

- Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2015) *Modelo de Investigación del Sistema Educativo de la Fuerza Aérea Colombiana*. Bogotá D.C., Colombia.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2017). *Desarrollo tecnológico e innovación, pactos por la innovación*. Bogotá D.C. Recuperado de: [www.colciencias.gov.co/portafolio/innovación/empresarial/pactos](http://www.colciencias.gov.co/portafolio/innovación/empresarial/pactos)>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2011). *Plan Estratégico Institucional 2011-2030*.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2014). *Modelo de Gestión FAC*. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: <https://www.fac.mil.co/sistema-de-gestion-integral-fac>.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2016). *Componente Innovación, Modelo de Gestión FAC*. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: <https://www.fac.mil.co/alobienhagamoslobien/componente-innovaci%C3%B3n>.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2016). *Plan de Acción 2016*. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: [https://fac.mil.co/sites/default/files/plan\\_de\\_accion\\_fac\\_2016.pdf](https://fac.mil.co/sites/default/files/plan_de_accion_fac_2016.pdf).
- Fuerza Aérea Colombiana. (2016). *¿Qué es el Modelo de Gestión FAC?* Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: <https://www.fac.mil.co/alobienhagamoslobien/foto-galer%C3%ADa-54056>.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2018). *Manual de Doctrina Básica del poder aéreo, espacial y ciberespacial de la Fuerza Aérea Colombiana*.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *Plan Estratégico Institucional 2020-2042*.
- Gómez, D. R. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: Una aproximación teórica. *Educar*, 37, 25-39.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2008). *Gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i): Terminología y Definiciones de las Actividades de I+D+i*. NTC-ISO5800. Bogotá D.C., Colombia: El Instituto.
- Kaplan, R. S. y Norton, D. P. (2004). *Mapas estratégicos: Como convertir los activos intangibles en resultados tangibles*. Gestión 2000.



- Minciencias. (2022). *Pactos por la Innovación*. Minciencias. <https://minciencias.gov.co/innovacion/empresarial/pactos>.
- OCDE y Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th Edition. OCDE. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE y Eurostat. (2005) *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Madrid, España: Grupo Tragsa.
- Samuel, M. T., Vilorio, A. y Vásquez, C. (2010). Diagnóstico sobre la aplicación de las funciones básicas de gestión de la innovación en la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". *Gestión y Gerencia*, 4(2), 20-38.
- Serna, H. (2015). *La Matriz PCI*. Universidad de Guanajuato. <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2017/03/Matriz-PCI.pdf>.
- Unexpo Vicerrectorado Puerto Ordaz. (2012) *Análisis Comparativo de los Modelos de Gestión para la Innovación en las Organizaciones Empresariales*. Puerto Ordaz, Venezuela.
- Vega González, L. R. (2009). El Proceso de Desarrollo de Productos Tecnológicos entre las Universidades y las MIPYMES Mexicanas: Una Carrera de Obstáculos. *Journal of Technology Management y Innovation*, 4(4). <https://doi.org/10.4067/S0718-27242009000400010>
- Villamil, L., Paredes, R. y Jimenez, J. (2021). Procedimiento GH-JEAES-PR-003 "Gestión Integral de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) en La Fuerza Aérea Colombiana". Fuerza Aérea Colombiana.



## Capítulo 2.

# Propuesta para la certificación de la aeronave tipo Vento de la Empresa Caldas Aeronáutica

*Dr. Diego Morante*

<https://orcid.org/0000-0001-6543-1694>

[dmorante75@gmail.com](mailto:dmorante75@gmail.com)

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”  
Fuerza Aérea Colombiana

*CR. Fabián Andrés Salazar Ospina*

<https://orcid.org/0000-0003-4812-4232>

Dirección de Educación Superior y Espacial JEAES  
Fuerza Aérea Colombiana

*ST. Alfredo Iván Barros Ochoa*

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”  
Fuerza Aérea Colombiana

*Cita este capítulo:*

Morante, D.; Salazar Ospina, F. A. y Barros Ochoa, A. I. (2022). Propuesta para la certificación de la aeronave tipo Vento de la Empresa Caldas Aeronáutica. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroñero, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 37-60). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Introducción

El propósito de este capítulo está enfocado en la presentación de una propuesta para la estructuración del proceso de certificación para la aeronave ultraliviana VENTO de la empresa Caldas Aeronáutica. Se utilizó el método de investigación inductivo, el tipo de investigación exploratoria-documental y el enfoque cualitativo, utilizando métodos de recolección de datos como documentación y entrevistas. Durante el desarrollo de la investigación se caracterizaron las reglamentaciones de certificación de aeronaves de acuerdo con el tipo de aeronave, se verificó el nivel de cumplimiento de los requisitos exigidos por estas entidades de certificación mediante tablas elaboradas en la investigación para determinar el nivel de cumplimiento de la aeronave, encontrándose en falencias en el proceso de certificación de acuerdo con las normativas a excepción de la normativa Europea. Finalmente, se elaboró un plan de acción que sirva de guía encaminada a obtener la certificación apropiada según el nivel de cumplimiento en el que se encuentra la Aeronave.

Como consecuencia de este ejercicio académico, se obtienen una serie de requisitos previos que permitan el desarrollo de certificación según las condiciones en las que fue construida la Aeronave y las funciones que se esperan cumplir con ella.

Las aeronaves ultralivianas son aquellas que pueden cumplir diferentes funciones por la versatilidad que ofrecen, en ocasiones pueden ser utilizadas para instrucción y/o fumigación, además, como aeronaves acrobáticas dependiendo la configuración de estas.

El presente estudio tiene como finalidad analizar la estructura de certificación del diseño para la aeronave VENTO de la Empresa Caldas Aeronáutica, con el fin de encontrar un tipo de certificación que se adapte a los procesos de la empresa para posteriormente aplicarlo al diseño de aeronaves, para beneficio del desarrollo y consolidación de la Industria Aeronáutica de Colombia, en especial, aquella localizada en el Valle del Cauca, así como el diseño de mejoras para las aeronaves existentes que apliquen a la categoría.

Por lo tanto, se realizó un análisis de la información para establecer un plan de acción encaminado al proceso de certificación adecuado para la aeronave VENTO, en primer lugar, se analizaron las diferentes normativas

de certificación; en segundo lugar, se realizó una comparación de las características de la aeronave y de las respectivas normas de certificación, finalmente plantear las actividades que permiten el proceso de la certificación de la aeronave.

**Palabras clave:** Aeronave Vento, Caldas Aeronáutica, certificación, aviación civil, desarrollo tecnológico.

## Revisión de la literatura

Para los procesos de certificación de una aeronave no es solamente cumplir con sus requerimientos, sino que estos van directamente ligados según Belkis (2016) con un nivel competitivo de las empresas, el desarrollo de una estrategia tecnológica, la fortaleza del patrimonio tecnológico y la implementación de las tecnologías. Igualmente se deben tener en cuenta los procesos de apoyo como la vigilancia del entorno (factores externos) y la protección de la innovación (patrimonio tecnológico y jurídico).

Otro factor para tener en cuenta es que las empresas funcionan con estrategias de comunicación para Chiavenato (2009) las redes de comunicación son las relaciones que entrelazan a todos los integrantes de una organización y son fundamentales para su funcionamiento cohesionado y congruente. Por lo tanto, en la estructura empresarial se debe garantizar que la comunicación sea efectiva para la toma de decisiones especialmente en el desarrollo de las actividades que se requieren para el fortalecimiento de los procesos normativos.

Para ello la cultura organizacional de acuerdo con Frances (2016) juega un papel determinante en las actuaciones de la empresa ante problemáticas y las oportunidades de gestión y adaptación a los cambios y sus requerimientos internos como externos para lograr desarrollar ese liderazgo, competencias y capacidades que se requieren para el fortalecimiento de las capacidades gerenciales, administrativas y operativas de las empresas.

Igualmente, el estudio de mercado según Hernández (2011) es una investigación sistemática basada en la recopilación y análisis de datos relacionados con las características destacadas del mercado al que se dirige una empresa, con este estudio se analiza la información de la competencia y

los consumidores y conocer si los productos y servicios están direccionados hacia los potenciales clientes.

La importancia de estos estudios de mercado radica en que la información suministrada permite conocer el comportamiento de los consumidores, la competencia, el enfoque de los servicios y productos, evitando costos innecesarios y riesgos financieros (Gerencie, 2015).

Para ello existen organizaciones como la OACI (2022) que aglutina a varios actores del sector que participan en la realización de estudios y normas que organizan grupos de expertos, conferencias, seminarios, con el fin de estudiar temas políticos, económicos, técnicos, para el asesoramiento y recomendaciones de nuevas normas y métodos para la aviación civil internacional.

Estos requisitos son fundamentales para el desarrollo de las empresas pertenecientes al sector aeronáutico y especialmente como lo manifiesta Perego (2016), para el diseño de estrategias que se enfoquen a la ciencia, innovación y producto que facilitan el impulso del mercado.

Actualmente, los cambios que está afrontando la economía a nivel mundial lleva a las empresas a mirar hacia los mercados externos estas fuerzas externas provienen de las oportunidades de mercado que le dan a la empresa la posibilidad de crecer y posicionarse (Puerto, 2010), por lo tanto, las empresas deben incrementar y explorar nuevas formas de competir estratégicamente internacionalmente de tal manera que se evidencie su crecimiento en la productividad e innovación y en aumento de sus utilidades, consecuentemente con su estabilidad en el mercado.

Para lograr que la empresa distribuya y comercialice su producto o servicio debe dar prioridad a su recurso humano como esencia de su desarrollo personal y empresarial (Rodríguez, 2013) debe ser consecuente su crecimiento para ambas partes.

La UNERS (1993) acerca la tecnología a la empresa como base fundamental para la gestión del cambio y su relación con la innovación con el fin de que la empresa tenga la capacidad de adaptarse y aprender bajo nuevos entornos organizacionales y tecnológicos, articulados con un recurso humano altamente preparado y capacitado para afrontar nuevas exigencias y nuevos desafíos.

La empresa para abordar el proceso de certificación primeramente debe evaluar su gestión organizacional con el fin de prepararse competitivamente y es a través de la certificación por ello es importante plantear un modelo organizacional que permita generar estrategias de manera competitiva articulando varios aspectos a tener en cuenta como: inteligencia competitiva, inteligencia de negocios, la gestión del conocimiento (Valverde, 2017), la gestión tecnológica y la innovación.

Teniendo en cuenta los aspectos organizacionales, de mercado, el recurso humano, tecnológicos y la innovación para el proceso de certificación es importante tener claridad sobre la clasificación de las aeronaves en este caso los aviones ultraligeros evolucionaron a partir de los desarrollos de las alas delta con motor que se remontan a la década de 1970.

En la actualidad se consideran “aviones ultraligeros” en los Estados Unidos y el Reino Unido, definidos como los que pesan menos de 115 kg, y no están regulados como ultraligeros monoplazas (las máquinas más pesadas de dos plazas están reguladas). A partir de agosto de 2021, el límite de peso máximo de un ultraligero ya sea del tipo de avión convencional de tres (3) ejes o de un avión de control de trike/peso de ala flexible, tiene que ser inferior a 600 kg y tener una velocidad de aterrizaje inferior a 45 kts (Key. Aero, 2022).

La abreviación de la categoría de ultraliviano o ultraligeros es la ULM que resulta de las iniciales de las tres palabras en referencia a “Ultra”, “Ligero” y “Motorizado”. Se trata de una categoría de aeronaves ligeras, dotadas de motor, con cabina abierta o cerrada y capaces de transportar una o dos personas. Son “aviones” que se sitúan entre las categorías de “vuelo libre”, es decir, aparatos que carecen de motor y la de “vuelo con motor”, compuesta por aquellos aviones que constituyen una categoría “profesional”, por lo tanto, que pueden utilizarse como vehículos comerciales (Kimerius, 2022).

De acuerdo con el tipo de categoría de las aeronaves ultralivianas algunas de acuerdo con la reglamentación no requieren ser certificadas, sin embargo, en el sector aeroespacial es importante las certificaciones por seguridad y fiabilidad principales aspectos cuyo propósito es garantizar el sector aeroespacial. Los productos y actividades relacionados con esta industria están sometidos a estrictos requisitos de calidad debido, principalmente, a las condiciones extremas de funcionamiento y a una tolerancia cero a fallos (AENOR, 2022).

Para mejorar la confianza y seguridad en el sector aeroespacial con el fin de que se pueda mejorar y producir productos confiables y seguros deben de cumplir con los requisitos de las entidades que regulan y reglamentan el sector y también los requerimientos de los clientes, de tal forma que se satisfagan la integración y el uso de los productos que se adquieren con sus especificaciones y buena calidad, por lo tanto, obligan a las organizaciones a certificarse con las normas aeronáuticas (NQA-Organismo de certificación global, 2022).

El cumplimiento de las normas y certificación de calidad trae beneficios para la cadena productiva del sector aeroespacial como: acceso a mercados internacionales, administrar los riesgos de partes y componentes falsificadas, la racionalización de los procesos y la planificación de crecimiento (NQA-Organismo de certificación global, 2022).

La aeronave VENTO es un ultraliviano fabricado por la empresa Caldas Aeronáutica en un taller con herramientas e instrumentos que fueron mejorados y desarrollados por el propietario de la empresa. No obstante, este ultraliviano ha alcanzado unos niveles de innovación al resolver problemas que los ultraligeros han presentado en los últimos años, como por ejemplo la poca diferencia que existe entre la velocidad de rotación y la velocidad de pérdida esto hace que se disminuyan las prestaciones de la seguridad del vuelo y aumenta el riesgo de accidentalidad algo que mejora las características de rendimiento de estas aeronaves.

Para la aeronave VENTO se busca que sea certificada con un sistema de acreditación que le facilite valorarse a nivel comercial y permita competir en seguridad con otras aeronaves que tienen esta certificación.

Según Capaldo (2009), es necesario obtener varios tipos de certificados de acuerdo un estudio estadístico realizado en el mantenimiento de las aeronaves en comparación entre los años 2007 y 2008, en el cual se encontró un resultado positivo en la disminución de accidentes en aeronaves gracias al buen mantenimiento y diseño de mejoras para las aeronaves.

De lo anterior se puede deducir que las diferentes certificaciones que empíricamente han creado un desarrollo para optimizar el servicio de diseño de las aeronaves, a pesar de las diferentes mejoras en velocidad, rendimiento y/o aeronavegabilidad, se teniendo en cuenta diferentes



factores de durabilidad, resistencia e incluso seguridad en caso de algún accidente en la aeronave.

Es importante reconocer los diferentes compuestos que se emplean en el diseño de una aeronave y las diferentes características que pueden tener ventajas o desventajas para la aeronave, asimismo, visualizar alternativas con mayor rentabilidad y a la vez ser más eficaz en el desempeño de la aeronave.

Se encuentra que Morales (2008), realiza un análisis de como el material con el que se diseña la aeronave y la resistencia que tiene este al someterse a condiciones de vuelo extremas como el factor de carga ante gravedades en maniobras, facilita la realización de un análisis de fallas y puntos débiles que se puedan encontrar en ellos.

Por ello en el proceso de certificación, como lo explica Méndez (2018), una entidad se encarga de dar merito a que la seguridad de la aeronave y procedimiento correcto al igual que el empleo de las herramientas adecuadas han sido de ayuda para la creación de un diseño con altos estándares de calidad.

Estas entidades son nombradas por las agencias de certificación que legislan las normas a cumplir por las aeronaves, como la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), Federal Aviation Administration (FAA), Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC).

En esta investigación se busca definir un plan de acción para la estructuración del proceso de certificación para una aeronave tipo que permita la opción de escoger una norma de certificación que se adapte a las especificaciones técnicas de la aeronave y que contribuya al sector aeronáutico en Colombia que puede ser la base para los proyectos aeronáuticos que desarrollan las empresas en Colombia.

## Metodología

Para este proyecto se utilizó el método inductivo de tipo documental exploratorio con un enfoque cualitativo en el cual se elaboró una propuesta para la estructuración del diseño para la aeronave VENTO de la empresa Caldas Aeronáutica.

Para la elaboración del proyecto fue necesario establecer las diferentes características en los cuales se tenía que tratar la certificación, como primer paso, se recopiló la información necesaria tales como manuales y normativas establecidas por los entes de certificación, para en el segundo paso se comparan las características de la aeronave y, por último, escoger el sistema de certificación a tratar y la forma en cómo se debe poner en funcionamiento.

El perfeccionamiento de las cualidades y características de esta certificación se propuso a partir de diversos experimentos y experiencias vividas por el diseñador, el cual ha sido piloto de aeronaves similares, para la realización de esta investigación se seleccionaron las aeronaves ultralivianas, especialmente la aeronave VENTO de Caldas Aeronáutica.

Para la recopilación de la información fue necesario realizar observaciones y recolección de datos como: manuales, enciclopedias y textos informativos que tuviesen información sobre el tema.

Además, de la entrevista realizada al señor Alberto Caldas quien es el creador de la aeronave y proporciona la información de manuales, textos y fichas técnicas de la aeronave VENTO para el análisis de los componentes de la aeronave, lo anterior, se realizó con la finalidad de crear una hoja de ruta para que la empresa tenga claridad de los procesos que deben tener en cuenta para certificar su aeronave.

## Desarrollo

Identificación de las Agencias y Organizaciones de certificación para la categoría ultraliviana.

Se realizó un estudio acerca de las diferentes normativas de certificación de aeronaves que se pueden ser aplicadas a las aeronaves ultralivianas entre las cuales se encuentran las siguientes agencias de regulación de normativa aeronáutica que pueden ser aplicadas a la aeronave:

### Certificación Agencia Europea de Seguridad Aérea- EASA

La EASA es el ente aeronáutico regulador consolidado en 32 países europeos. Se estableció en el 2002 es quien de la mano de las prestigiosas universidades han generado las políticas para garantizar que las aeronaves

y todos los proyectos aeronáuticos sean seguros y no afecten el medio ambiente, proporcionando supervisión y apoyo a los estados miembros en los campos donde EASA tiene competencias compartidas como operaciones aéreas, gestión del tráfico aéreo, entre otros (Agencia Europea de Seguridad Aérea, 2019).

## Certificación Organización de Aviación Civil Internacional -OACI

La Organización de Aviación Civil Internacional un organismo especializado de la ONU, creado por los Estados en 1944 para ejercer la administración y velar por la aplicación del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Convenio de Chicago). (OACI, s.f.).

## Certificación de RAC

Este tipo de certificación es realizado por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia (2017), llamado el “RAC 21 CERTIFICACIÓN DE AERONAVES Y COMPONENTES DE AERONAVES”. La cual establece los parámetros de certificación de la norma, las características generales y específicas que indican el rendimiento y la calidad de los productos utilizados en el desarrollo de la aeronave.

## Certificación FAA (Federal Aviation Administration)

La FAA es una entidad que se encarga de promover y supervisar la industria aeronáutica, velando por cumplir estándares de seguridad operacional, avances tecnológicos, control y mantenimiento. Es quien provee certificación de calidad a diferentes áreas de trabajo en el campo aeronáutico en los Estados Unidos.

En la Tabla 1 se resumen las características exigidas por las normas de certificación para la Aeronave Vento.

Tabla 1  
Características normas de Certificación

<b>Certificación y características para la aeronave Vento</b>	
<b>Certificación</b>	<b>Características</b>
EASA	CS 23.2100 Masa y centro de gravedad.
	CS 23.2105 Datos de rendimiento.
	CS 23.2110 Velocidad de pérdida.
	CS 23.2125 Información de ascenso.
	CS 23.2130 Aterrizaje.
	CS 23.2150 Características de bloqueo, advertencia de bloqueo y giros.
	CS 23.2165 Requisitos de rendimiento y características de vuelo para vuelos en condiciones de engelamiento.

<b>Certificación y características para la aeronave Vento</b>	
<b>Certificación</b>	<b>Características</b>
EASA	CS 23.2215 Condiciones de carga de vuelo.
	CS 23.2210 Cargas de diseño estructural.
	CS 23.2115 Rendimiento de despegue.
	CS 23.2120 Requisitos de ascenso.
	CS 23.2140 Trim.

OACI	21.120 Base de Certificación de Tipo.
	21.135 Cumplimiento con la Base de Certificación de Tipo y los requerimientos de protección Medio Ambiental.
	21.140 Emisión del Certificado de Tipo: aeronaves categoría normal, utilitaria, acrobática, commuter, transporte; globo libre tripulado; clases especiales de aeronaves, motores de aeronave e hélices.
	21.160 Diseño de Tipo.

Certificación y características para la aeronave Vento	
Certificación	Características
OACI	21.165 Inspecciones y Ensayos.
	21.170 Ensayos en vuelo.
RAC	21.125 Ambiente operativo y factores humanos.
	LAR 21.190 Instrucciones para la aeronavegabilidad continuada.
	21.120(f) requisitos de aeronavegabilidad aplicables.
	Párrafo 21.142 (manuales, placas, listados, marcas de instrumento y documentos).
FAA	Aprobación de los diseños.
	Aeronavegabilidad.
	Seguridad operacional.
	Certificación.

Fuente: elaboración propia.

## Estandarización del cumplimiento de los requisitos

Se realizó una evaluación de las normas que emiten estas agencias, para luego ser comparadas con las características de la aeronave con la finalidad de encontrar cuál de ellas puede adaptarse de manera óptima a las características actuales de la aeronave.

Entrando al tema con la aeronave VENTO se analizaron las falencias en los requisitos técnicos que esta necesita conseguir o mejorar para establecerse como una aeronave certificada en los tipos de certificación que han sido seleccionados.

Se realizó visita a la empresa para revisar con el Señor Alberto Caldas, propietario de la empresa llevándose a cabo una entrevista para

completar la información de la encuesta para la confirmación del cumplimiento de la aeronave.

A continuación, se establece el formato tipo lista para verificar que puntos de certificación cumple la aeronave para cada tipo de certificación.

En la Tabla 2 se puede observar el grado de cumplimiento que tiene la aeronave con respecto a la norma EASA:

Tabla 2  
Cumplimiento de la norma EASA

Características	Si	No
CS 23.2100 Masa y centro de gravedad.	X	
CS 23.2105 Datos de rendimiento.	X	
CS 23.2110 Velocidad de pérdida.	X	
CS 23.2125 Información de ascenso.	X	
CS 23.2130 Aterrizaje.	X	
CS 23.2150 Características de bloqueo, advertencia de bloqueo y giros.		X

Características	Si	No
CS 23.2165 Requisitos de rendimiento y características de vuelo para vuelos en condiciones de engelamiento.		X
CS 23.2215 Condiciones de carga de vuelo.	X	
CS 23.2210 Cargas de diseño estructural	X	
CS 23.2115 Rendimiento de despegue.	X	
CS 23.2120 Requisitos de ascenso.	X	
CS 23.2140 Trim.	X	

Fuente: elaboración propia.

Según la información de la Tabla 2, se observa que el porcentaje de cumplimiento de requerimientos para la certificación es del 83 %, que a

comparación de los otros modelos es un porcentaje alto. Sin embargo, se deben establecer estrategias para cumplir con las normativas CS 23.2150 y el CS 23.2165 del modelo.

Tabla 3

*Cumplimiento de la norma FAA*

<b>Características</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Aprobación de los diseños.		X
Aeronavegabilidad.		X
Seguridad operacional.		X
Certificación.		X

Fuente: elaboración propia.

En esta norma FAA en la Tabla 3 en cada uno de los puntos la aeronave no cumple con las características establecidas en la norma. Sin embargo, al no completar los requisitos exigidos no se puede dar como aprobado. Por esta razón, las características de la aeronave no cumplen las normas de certificación de la FAA por lo que no es viable tomar como opción.

Tabla 4

*Cumplimiento de la norma RAC*

<b>Características</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
21.125 Ambiente operativo y factores humanos.		X
LAR 21.190 Instrucciones para la aeronavegabilidad continuada.		X
21.120(f) requisitos de aeronavegabilidad aplicables.		X
Párrafo 21.142 (manuales, placas, listados, marcas de instrumento y documentos).		X

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4 cumplimiento de la norma RAC se puede observar que los diferentes factores que requiere la RAC para certificar la aeronave se encuentra totalmente desaprobada para la certificación por el nulo acoplamiento de las características del VENTO con la normativa de certificación.

Tabla 5  
Cumplimiento de la norma OACI

Características	Si	No
21.120 Base de Certificación de Tipo.		X
21.135 Cumplimiento con la Base de Certificación de Tipo y los requerimientos de protección Medio Ambiental.		X
21.140 Emisión del Certificado de Tipo: aeronaves categoría normal, utilitaria, acrobática, commuter, transporte; globo libre tripulado; clases especiales de aeronaves, motores de aeronave e hélices.		X
21.160 Diseño de Tipo.		X
Características	Si	No
21.165 Inspecciones y Ensayos.	X	
21.170 Ensayos en vuelo.	X	

Fuente: elaboración propia.

Para esta certificación (ver Tabla 5) se muestra un grado de cumplimiento muy pobre de los requisitos del modelo alcanzando solo un 66 % de la totalidad de las normativas.

Adicional a lo anterior, algunos puntos de la certificación pueden generar cambios que lleguen a requerir más gastos y/o trabajo para la certificación de la aeronave dependiendo de la ACC que regule en el país de operación de la aeronave.



Después de realizar los análisis de las características de certificación de las normas se encuentra que el modelo con mayor aceptabilidad es el de la EASA, al tener un nivel de cumplimiento y efectividad más alto para la certificación de la aeronave.

Plan de acción para la estructuración del proceso de certificación para la aeronave ultraliviana VENTO de la empresa Caldas Aeronáutica.

Al momento de comenzar la certificación de las aeronaves, es necesario tener en cuenta los requisitos previos o formatos y licencias que deben aplicarse antes de la obtención del certificado según exija la entidad.

En el caso de la aeronave VENTO, se evidencia que de acuerdo con las exigencias de los diferentes tipos de certificación existe un nivel de cumplimiento más elevado en la normativa de la EASA antes que cualquier otra certificación.

En la Tabla 6 se realiza comparación de la aeronave con los diferentes tipos de normas de certificación en cuanto a practicidad y sencillez en el proceso de implementación del modelo de certificación en la aeronave.

Tabla 6

Resultados de la situación de la Aeronave con respecto a los tipos de certificación

Norma Aeronave	EASA	OACI	RAC	FAA
AERONAVE VENTO	Simplicidad en procedimientos.	Características demasiado generales para las aeronaves.	Características de certificación con más generalidades para el tipo de aeronave.	Manual de cumplimiento más compleja para la obtención de los requisitos de certificación sin la clasificación de ultralivianas.
	Mayor cumplimiento de requisitos para la aeronave.			
	Certificación en un continente con mayor territorio que el Americano.	No hay claridad en los requisitos de las normas.	Menor cumplimiento de requisitos de la aeronave.	

Fuente: elaboración propia.

Por último, en el caso de la aeronave VENTO, se establece un plan de acción que sirva de guía para la empresa Caldas Aeronáutica con el objetivo de obtener una certificación tanto de la aeronave como para su fabricación en la cual se especifica que pasos debe seguir para cumplir con los requisitos de certificación de la EASA.

Entre estos pasos se da claridad en los puntos débiles que debe trabajar la empresa para cumplir con los requisitos de certificación, los cuales se enumeran a continuación:

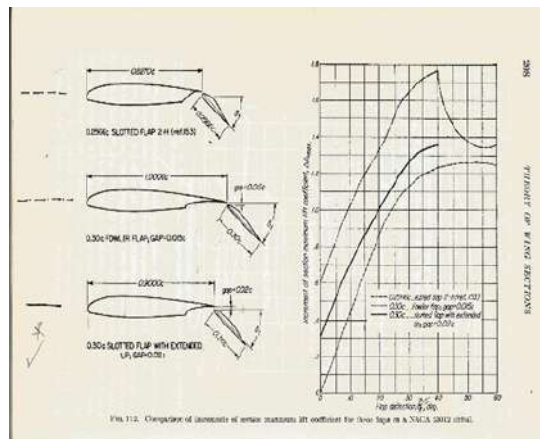
## 1. Documentación

Con respecto a este punto la empresa deberá documentar el diseño de la aeronave, por lo que el gerente de la empresa tiene que prever listar los documentos que permiten que el fabricante de la aeronave pueda validar la construcción de esta y los diferentes procedimientos realizados para este fin.

Así mismo, es importante validar el diseño (ver Figura 1) por lo que se deben tener en cuenta los diferentes modelos que se han construidos de la aeronave y actualizar las modificaciones que se tuvieron en cuenta para obtener la certificación.

### Figura 1

Información de despliegue de flaps recuperado del manual de la aeronave VENTO



Fuente: Caldas Aeronáutica.

## 2. Producción

Se realiza el proceso de fabricación (ver Figura 2), por lo tanto, es necesario desarrollar los cambios planeados para el prototipo en el diseño de la aeronave, cambios que permitan realizar las mejoras que busquen cumplir con los requisitos exigidos.

Figura 2

Proceso de ensamblaje del fuselaje de la aeronave VENTO



Fuente: Caldas Aeronáutica.

Luego, se realizan las pruebas de laboratorio en donde se testean (ver Tabla 7 todas las partes de la aeronave para conocer el rendimiento de estas cuando sean sometidas a condiciones de vuelo.

Tabla 7

Datos de peso y balance de la aeronave VENTO

Cálculo Centro de Gravedad		Proyecto: PA 2 G-6		
Fecha: Junio 16/2007	Corrección	Sep 18/07		
Wing Span	238,87	ft.	8,8	mts.
Cord	4,59	ft.	1,4	mts.
Area	132,61	sq/ft.	12,32	mts. <sup>2</sup>

Length	20,51	ft.	6,25	mts.	
Power Plant	ROTAX	312	80	HP.	
Cruise Speed	110	Knots			
Stall Speed	27	Knots	Aspect Radio	6,286	
Descripción	Peso Kg	Dist. Mts X	Momento X	Dist. Mts Y	Momen- to Y
Hélice	4,00	0,01	0,04	1,04	4,16
Motor	54,00	0,37	19,98	0,98	52,92
Escape	4,00	0,55	2,20	0,70	2,80
Radiador Agua	2,00	0,30	0,60	0,75	1,50
Radiador de Aceite	1,50	0,10	0,15	0,85	1,28
Tarro Aceite	6,00	0,67	4,02	0,90	5,40
Tarro Agua	1,00	0,69	0,69	0,90	0,90
Cowlin	4,50	0,40	1,80	0,95	4,28
Bancada	3,00	0,63	1,89	0,95	2,85
Pedales Delanteros	2,00	0,85	1,70	0,68	1,36
Pedales Traseros	1,50	1,65	2,48	0,68	1,02
Instrumentos	6,00	1,20	7,20	1,18	7,08
Canastilla	13,00	1,93	25,09	0,85	11,05
Tren de nariz	8,00	0,56	4,64	0,30	2,40
Tren Principal	16,00	2,35	37,60	0,30	4,80
Mandos	2,50	1,75	4,38	0,70	1,75
Silla delantera	3,50	1,85	6,48	0,85	2,98
Silla trasera	3,50	2,65	9,28	0,85	2,98
Fuselaje	22,00	2,83	62,26	0,83	18,26

**Cap. 2: Propuesta para la certificación de la aeronave tipo Vento de la Empresa Caldas Aeronáutica**

Ventanas Lexan 0,093	9,30	2,30	21,39	1,35	12,56
Sistema eléctrico	3,00	1,25	3,75	1,00	3,00
Bateria	6,00	5,00	30,00	1,00	6,00
Timon Fijo Deriva	2,00	5,50	11,00	1,45	2,90
Timon Móvil	2,50	5,95	14,88	1,40	3,50
Estabilizador Fijo	6,50	5,40	35,10	1,20	7,80
Estabilizador Móvil	3,50	5,85	20,48	1,20	4,20
Alas	48,00	2,10	100,80	1,68	80,64
Alerones	4,00	2,75	11,00	1,60	6,40
Slats	4,00	0,00	0,00	1,60	6,40
Flaps	4,00	2,75	11,00	1,60	6,40
Montantes	4,50	2,20	9,90	1,10	4,95
Tanques	4,00	2,20	8,80	1,68	6,72
Tanq.rs/gas 1.5 gl.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gasolina 20 gl.	53,20	2,20	117,04	1,68	89,38
Piloto	80,00	1,75	140,00	1,00	80,00
Copiloto	80,00	2,50	200,00	1,00	80,00
Carga Adicional	30,00	3,00	90,00	0,85	25,50
	<b>Kg</b>	<b>Lb</b>	<b>Momento X</b>	<b>C.G en X</b>	<b>Momento en Y</b>
Empty Weigth	259,30	270,46	470,55	1,815	281,22
Piloto y Gasolina	392,50	863,5	727,59	1,854	450,59

Copiloto y Gasolina	392,50	863,5	787,59	2,007	450,59
Gross weigth	472,50	1039,5	927,59	1,963	530,59
Max Gross Weigth	502,50	1105,5	1017,59	2,025	556,09
Useful Load	243,20	Kg	535,04	lbs	
Wing Loading	40,79	Kg/mts2	8,34	lbs./sq. Ft.	
Power Loading	6,26	Kh/Hp	139,82	lb./hp	

Fuente: Caldas Aeronáutica.

Se realizan pruebas como ensayos de vuelo, rendimiento, resistencia de materiales y otras requeridas para cumplir con los requisitos de la certificación. Por último, el resultado de los ensayos deberá ser registrado dentro de los diferentes manuales de la aeronave para demostrar su rendimiento.

### 3. Proveedores

Es importante identificar las capacidades de los proveedores, proceso que es necesario e importante para la planeación de la producción de la aeronave, por lo tanto, se debe realizar una selección minuciosa de los diferentes proveedores que cumplan con los requisitos que beneficien y que puedan aportar las diferentes partes que se sometan a especificaciones de la aeronave y las debidas medidas que permitan que la producción sea optima tanto en calidad, seguridad y precio.

### 4. Distribución de la Planta

Siguiendo los parámetros de certificación para una aeronave como VENTO, la empresa Caldas Aeronáutica debe desarrollar una planta de producción o ensamblaje certificada, este proceso puede definir la naturalidad de la empresa bajo los parámetros que exige el proceso de certificación como:

## Organización de Diseño Aprobada (ODA)

Para la FAA en la sección de delegaciones organizadas (Delegated Organizations, 2018), las Organizaciones de Diseño Aprobadas (ODA) es el medio por el cual la FAA otorga autoridad a las organizaciones o compañías para ser los encargados de realizar los tipos de funciones que normalmente solicitarían a la FAA. Por ejemplo, los fabricantes de aeronaves pueden estar autorizados para aprobar cambios de diseño en sus productos y las estaciones de reparación pueden estar autorizadas para aprobar los datos de reparación y alteración.

## Organización de Producción Aprobada (POA)

Las organizaciones de producción aprobadas por la EASA parte 21G (POA) (European Union Aviation Safety Agency, 2019, p. 11) están calificadas en altos estándares de fiabilidad, mantenibilidad, estudios de vuelo, desarrollo de sistemas de la empresa, disponer de una apropiada red de contratistas certificados y supervisados en las distintas áreas de la producción.

Las POA están calificadas para crear políticas y procedimientos en pro de realizar estas actividades que incluyen un sistema de riesgo proporcional, eficiente y de administración segura.

## Distribución de la planta (LayOut)

La planta de producción debe tener en cuenta los diferentes puntos tratados por la certificación, como también establecer el tipo de planta que es: sea de producción o de ensamblaje, y establecer los diferentes cambios en la organización que genere una buena calidad en la prestación del servicio y en el menor tiempo en realizar el trabajo final, reduciendo los diferentes tiempos perdidos o de espera que puede generar una mala organización de los diferentes procesos de la empresa.

## 5. Conclusiones

Para certificar una aeronave se debe obtener una serie de requisitos previos que según el tipo de modificaciones que requiera la Aeronave y ajustes organizacionales de la empresa con el fin de lograr este objetivo

de acuerdo con el proceso de la certificación depende de las condiciones en las que fue construida la aeronave y las funciones que se esperan cumplir con ella.

Es importante que se decida qué tipo de certificación se espera obtener y de esta manera aclarar las necesidades que tiene la aeronave para planear los pasos que serán tratados al realizar el proceso de certificación de la aeronave.

Al obtener una certificación, las características de cada terreno de operación pueden influir en las diferentes características para las empresas certificadoras, se debe tener en cuenta en el caso de buscar una certificación de aeronaves para dedicarlas al mercado, revisar las características de rendimiento y el tipo de trabajo que se va a realizar con ella, debido a que esto puede influir en las diferentes oportunidades de ganar o perder al momento de certificar una aeronave.

Una certificación busca transformar los productos y/o servicios para que sean valoradas positivamente por el mercado, lo que garantiza el éxito comercial según expresa Camargo (2010) al analizar la relación entre la innovación y la gestión en calidad de las empresas.

Con el desarrollo de este proyecto posibilitaría que la industria del sector aeronáutico y espacial se fortalezca porque motivaría e incentivaría a los actores del sector aeroespacial a desarrollar sus capacidades tecnológicas a través de la certificación aeronáutica lo que facilitaría el ingreso de ser proveedor certificado de partes y componentes a nivel internacional y poder entrar a un mercado muy importante a nivel mundial en constante crecimiento y muy competitivo, lo cual representaría unas utilidades muy importantes para los empresarios y grupos de interés, igualmente para el mejoramiento de la economía de la región.

## Referencias

AENOR. (2022). AENOR. Obtenido de <https://www.aenor.com/>.

Belkis, A. M. (2016). *Un modelo conceptual para gestionar la tecnología en las organizaciones*. Recuperado el 2017, de <http://www.revistaespacios.com/a09v30n01/09300122.html>.



- Chiavenato, I. (2009). *Comportamiento organizacional*. Segunda edición. Colombia. 2009, p.14.
- Frances, X. (2016). El concepto de cultura organizacional. 4 principios y 4 tipos de empresas. *El rincón del sueko*. [En línea]. Disponible en internet: <http://manuelgross.bligoo.com/20160210-el-concepto-de-cultura-organizacional-4-principios-y-4-tipos-de-em>.
- Hernández, H. (2011). *La gestión empresarial, un enfoque del siglo XX, desde las teorías administrativas científica, funcional, burocrática y de relaciones humanas*. Trabajo de grado maestría en sistema de gestión.
- Key.Aero. (2022). KEY. AERO. Obtenido de <https://www.key.aero/es/article/la-revolucion-de-los-ultraligeros>.
- Kimerius. (2022). Kimerius. Obtenido de <https://www.kimerius.com/ultraligeros/>.
- Gerencia (2015). *La importancia de hacer un estudio de mercado*. [Citado 08-01-2017]. Disponible en internet: <http://www.gerencie.com/la-importancia-de-hacer-un-estudio-de->.
- Martínez, E. (1993). *Aproximación a la gerencia de la tecnología en la empresa*. Caracas Venezuela: Editorial Nueva Sociedad.
- Morante, D. (2015). *Prospectiva tecnológica para el sector aeronáutico con potencial exportador en el suroccidente colombiano*. Fuerza Aérea Colombiana.
- NQA-Organismo de certificación global.(2022). NQA. Obtenido de <https://www.nqa.com/es-co/certification/sectors/aerospace>.
- OACI. (2022). *Sobre la OACI*. Obtenido de OACI: [https://www.icao.int/Pages/Contact\\_us.aspx](https://www.icao.int/Pages/Contact_us.aspx).
- Paul, P. y Certo, S. (1997). *Dirección estratégica*. Tercera edición. Madrid. Mc Graw Hill.
- Perego, L. (2016). *Ciencia, Innovación y Producto*. Recuperado el 2017, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013b/1352/index.htm>.
- Puerto, D. (2010). *La globalización y el crecimiento empresarial a través de estrategias de internacionalización*. Cali.

- Rodríguez, L. (2013). *Gestión de recursos humanos*. Obtenido de <http://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/03/10/gestion-de-recursos-humanos/#comments>>.
- Sutton, G. P. y Biblarz, O. (2010). Basic relations of motion. En *Rocket propulsion elements* (pp. 110-120). New Jersey, USA: John Wiley and Sons, Inc.
- UNESR. (1993). *Aproximación a la gerencia de la tecnología en la empresa*. Caracas Venezuela: Editorial Nueva Sociedad. Recuperado el 14 de agosto de 2016, de <http://gestion-de-tecnologia-unesr-maturin.blogspot.com.co/p/gestion-de-tecnologia-unidad-2.html>.
- Valverde, N. (2011). *Módico modelo de inteligencia competitiva organizacional*. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Bogotá D.C. Universidad distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería, p. 116.

## Capítulo 3.

# Análisis de viabilidad para la reestructuración de rutas de interés social por parte de Servicios Aéreos a Territorios Nacionales (SATENA) en el Periodo de Posacuerdo

*Dra. Andrea Falla Rubiano*

<https://orcid.org/0000-0002-4277-2143>

[andrea.falla@emavi.edu.co](mailto:andrea.falla@emavi.edu.co)

*Dr. Diego Morante*

<https://orcid.org/0000-0001-6543-1694>

[dmorante75@gmail.com](mailto:dmorante75@gmail.com)

*TE. Johan Sebastián Riaño Cubillos*

*TE. Sebastián Quintero Quiceno*

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”  
Fuerza Aérea Colombiana

*Cita este capítulo:*

Falla Rubiano, A.; Morante, D.; Riaño Cubillos, J. S. y Quintero Quiceno, S. (2022). Análisis de viabilidad para la reestructuración de rutas de interés social por parte de Servicios Aéreos a Territorios Nacionales (SATENA) en el Periodo de Posacuerdo. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroño, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 61-76). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Introducción

El presente artículo tiene como objetivo dar a conocer los resultados obtenidos de la investigación llevada a Servicios Aéreos a Territorios Nacionales (SATENA) para evaluar la viabilidad de la continuación de su operación extendiendo sus servicios al ámbito social como una aerolínea comercial de pasajeros y propiedad del Estado colombiano manteniendo su objeto social de garantizar la conectividad e integración de las regiones menos desarrolladas del país.

Siendo una aerolínea única en Colombia cuya naturaleza la obliga a llegar a regiones del país donde por factores: geográficos, de orden público, pobreza y de poco interés comercial no llega ninguna otra aerolínea. Convirtiendo su servicio de transporte aéreo de pasajeros de vital importancia para integrar las regiones más apartadas con los principales centros económicos del país, generando un aumento de la calidad de vida al llevar desarrollo social, económico y cultural.

Pero que ha sufrido una serie de problemas ya que SATENA no cuenta con los mismos ingresos de una aerolínea comercial, que si bien presta un servicio de alto valor agregado para las poblaciones que antes no podían comunicarse con las principales ciudades de Colombia, y que encontraron en los vuelos que realiza una solución a sus diferentes problemas socio-económicos debido a que son regiones que se encuentran apartadas e incomunicadas con los principales centros de desarrollo.

A diferencia de otros países como Estados Unidos y Canadá cuyas aerolíneas sociales están direccionadas bajo una política del Gobierno Nacional; SATENA desde su creación no ha interrumpido sus operaciones a pesar de no estar direccionada por una política de Gobierno Nacional ni contar con apoyos económicos necesarios para garantizar la operación regular lo que ha hecho que poco a poco caiga en una situación difícil sumado a la fuerte competencia de aerolíneas de bajo costo, que se han abierto paso en la oferta comercial con un músculo financiero importante. De esta manera, con el inicio de operaciones de Viva Air (desde el año 2012), Wingo parte de Copa Airlines y Copa Airlines Colombia (desde el año 2016), Gran Colombia de Aviación (GCA), (desde 2017) que aumentó la oferta de sillas en el país y volvió más agresiva la competencia en las rutas principales que servían de soporte financiero a SATENA, es necesario identificar que al año 2022, esta aerolínea cuenta con 34 rutas nacionales

entre las que se encuentran algunas ciudades principales del país y otros destinos apartados.

Los destinos de SATENA al año 2022 corresponden a: Aguachica, Apartadó, Araracuara, Arauca, Bahía Solano, Bogotá, Bucaramanga, Buenaventura, Cali, Florencia, Güapi, Inírida, Ipiales, Leticia, La Pedrera, Medellín, Mitú, Nuquí, Pitalito, Providencia, Puerto Asís, Puerto Carreño, Puerto Leguízamo, Quibdó, Saravena, San Andrés, San José del Guaviare, San Vicente del Caguán, Tame, Tarapacá, Tolú, Tumaco, Villagarzón, Villavicencio.

Teniendo en cuenta el escenario de posacuerdo se justifica el transporte aéreo esencial a territorios apartados del centro del país. Ya que es un hecho que aunque se produjo la firma de un acuerdo de paz en el año 2016 con la guerrilla de las farc, el escenario del conflicto que ha padecido Colombia en los últimos años, sigue estando encabezado por grupos al margen de la Ley, disidencias de las FARC, el ELN, grupos armados organizados, entre otros. Por esta razón, se hace necesario continuar gestionando programas que generen nuevas oportunidades de desarrollo socio-económico y políticas enfocadas a la solución de las diferentes problemáticas de las regiones más afectadas por el conflicto armado.

**Palabras clave:** Satena, operación aérea, conflicto armado, logística e infraestructura, sector aeronáutico, conexión de territorios.

## Revisión de la literatura

El marco referencial presenta la siguiente base conceptual: En primer lugar se define el término logística como “una herramienta cuyo origen nace en el campo militar como la planificación a corto, mediano y largo plazo de las actividades para el suministro de materias, productos o componentes desde los centros de producción a los almacenes de distribución o almacenamiento. Donde es necesario lograr una buena competitividad en la organización o un país con la implementación de una adecuada logística e infraestructura con unas condiciones perfectas de planeación y un bajo costo” (Servera-Francés, 2010, p. 222), con esto se busca un modelo logístico acorde a las necesidades que demanda el sector aeronáutico del mercado regional.

En el caso específico de Colombia como país en vías de desarrollo y con un conflicto interno presente y latente en las diferentes regiones del territorio nacional se observa que a pesar de tener uno de los mayores flujos aéreos en América del Sur, la importancia que tienen dichas regiones para el mercado local e internacional es nulo y no es correspondiente con las demandas de dichas regiones olvidadas por causa del conflicto y la violencia que han vivido y no es correspondiente con la importancia que debe darle el país a dichas regiones del país.

A partir del año 2019, se promulgó la Ley 1955, por la cual se expiden el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad. En este documento se contemplan tres pactos estructurales, la legalidad, el emprendimiento y la equidad. Para alcanzar estos objetivos, se requieren entre otras condiciones, integrar una visión territorial basada en la importancia de conectar territorios, por lo tanto, el ítem 16, Un pacto por la descentralización: conectar territorios, gobiernos y poblaciones. A partir de este documento, se podrán generar auxilios económicos para las operaciones aéreas a dichas regiones incentivando la creación de nuevas rutas en las diferentes regiones del país, una que cumpla acorde a las normas establecidas por el gobierno nacional entre las cuales deben ser regiones donde absolutamente no llega ningún otro operador aéreo y que gracias al apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana durante años se ha podido cumplir con la laboriosa tarea de llegar donde el pueblo más los necesita.

Ahora, en este campo se requiere que el gobierno nacional continúe otorgándole la importancia que se merece la industria aeronáutica del transporte regional de pasajeros y que dadas las diferentes circunstancias tanto geográficas como sociales y de orden público han dificultado mucho más las operaciones pero que en comparación con otros países somos un país que en materia de servicios aéreos esenciales necesita mayores soportes.

## Metodología

La metodología propuesta para este tipo de investigación fue analítica, ya que se analizó información estadística, base de datos, informes y documentos para comprender el mercado del transporte aéreo colombiano, permitiendo explicar y comparar el fenómeno cambiante del mismo. Para conocer la situación actual del mercado aeronáutico colombiano y la viabilidad de SATENA para pensar en una reestructuración de sus rutas de interés social y flota de aeronaves en un escenario de posacuerdo.

El método que se utilizó para el estudio del proyecto de investigación fue un Método deductivo ya que se partió de lo general que es el mercado y entorno del transporte aéreo colombiano a lo particular que es Servicio Aéreo a Territorios Nacionales SATENA S.A con el fin de realizar un Análisis de viabilidad para la reestructuración de las rutas de interés social y flota de aeronaves en un escenario del posconflicto donde surgirán áreas vulnerables y territorios desprotegidos que requerirán de presencia por parte del estado para llevar desarrollo.

Con un enfoque cuantitativo respecto a la medición de los datos vitales como la situación actual del mercado, datos importantes para la operación de las rutas y de las aeronaves todo mediante el uso de estadísticas y datos obtenidos de fuentes primarias y secundarias. Posteriormente, se procedió a analizar la información mediante la realización de tablas de datos y matrices para tener información que permitiera mostrar la real viabilidad del proyecto.

## Desarrollo

### Análisis del entorno y mercado aeronáutico colombiano

Se realizó una visita a SATENA para la recolección de información que permitiera tener un panorama más claro sobre cómo se realizan las operaciones aéreas y todo lo que implica su realización para dar cumplimiento a las rutas de interés social que involucran todas las áreas y direcciones del esquema organizacional de la empresa.

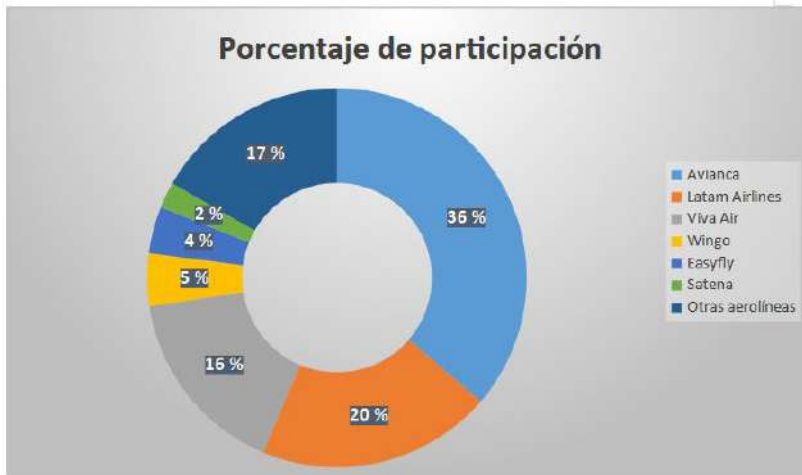
Para lo anterior, resultó pertinente la obtención de información sobre la organización, así como la búsqueda de información de otras fuentes como el Banco Interamericano de Desarrollo, el MDN y el Estado Colombiano debido a que las rutas de interés social tienen. Contexto dentro del cual SATENA va tener un papel importante principalmente porque será la encargada de hacer presencia nacional, donde otras aerolíneas y el Estado no pueden hacerlo.

**Análisis del sector y de la compañía.** El sector aéreo colombiano presenta un entorno cambiante producto de las variaciones de indicadores económicos que afectan las operaciones y el mercado en general, como la tasa cambiaria del Dólar-Peso colombiano que causan cambios estratégicos para dar cumplimiento a las operaciones con una tarifa competitiva en el mercado.

**Análisis del mercado regional.** SATENA tiene un mercado nacional que sirve a 38 rutas domésticas a 34 destinos con más de 70 vuelos diarios y con una frecuencia semanal.

Figura 1

Porcentaje de participación de las principales aerolíneas en Colombia 2022



Fuente: Portafolio (2022).

Dentro de sus 33 destinos el 79 % son destinos sociales que dan cumplimiento a la misión por la cual fue creada mientras el 21 % restante son rutas comerciales que sirven de fuente de ingresos para poder mantener la operación de SATENA y sus destinos sociales.

A la luz de una noticia reciente sobre la posibilidad de una alianza entre Avianca y Viva Air, estas aerolíneas controlarían el 52,5 % de la operación aérea comercial en Colombia para este año.

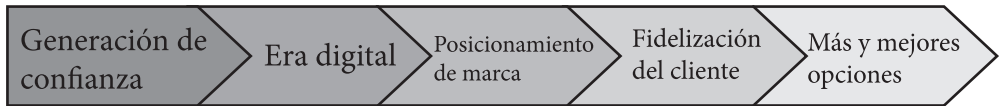
Y acorde a la Figura 2 se evidencia la participación de SATENA en el año 2022 del 2,2 % que la ubican en sexto puesto frente a la competencia de aerolíneas cuyos destinos comerciales son mayores, frecuentes y con aeronaves de mayor tamaño, que resultan un gran reto para SATENA al ser aerolíneas con alta demanda.



Plan de mercadeo. Son el conjunto de técnicas y estrategias de mercadeo que utiliza SATENA con el fin de alcanzar los resultados esperados en sus indicadores. Buscando generar un incremento del número de boletos aéreos vendidos y los ingresos operacionales y totales durante un ciclo financiero. Así como la mejora de la perspectiva e imagen corporativa de la empresa por parte del cliente.

Figura 2

*Principios de la estrategia comercial de SATENA*

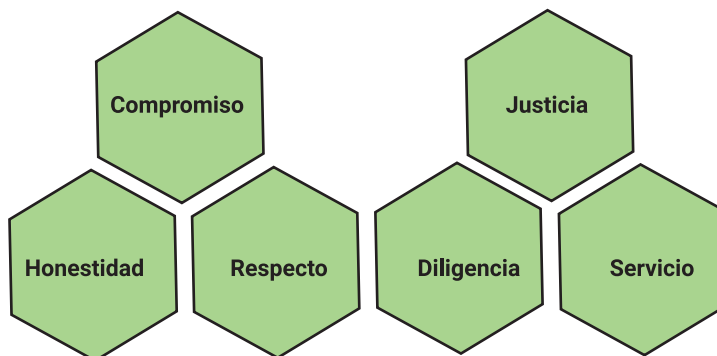


Fuente: Dirección Comercial, SATENA S.A.

Hay que tener en cuenta que SATENA no solo es una aerolínea líder del transporte aéreo regional, al servicio de los colombianos cuya razón social es la de conectar ciudades apartadas con el centro del país para llevar progreso, bienestar y desarrollo. La obliga no solo a identificar mercados si no necesidades en pro de satisfacer el cliente y la población colombiana más necesitada en todo el territorio colombiano. Sin descuidar su cadena de valores corporativos:

Figura 3

*Valores Corporativos SATENA*



Nota. Adaptado de “Valores corporativos” por SATENA (2022).

## Estudio técnico del proyecto de reestructuración de nuevas rutas y flota de Aeronaves para el Posacuerdo

La realización de este objetivo requirió de la visita SATENA donde se recolectó información técnica para la implementación y puesta en marcha de una ruta aérea y los elementos y material necesario para el desarrollo de operaciones aéreas en cumplimiento de las rutas de interés social que involucran todas las áreas y direcciones del esquema organizacional de la empresa. Para ello es pertinente que en el marco sobre el cual se desarrollan las operaciones aéreas de SATENA para dar cumplimiento a las rutas sociales se haga la realización y firma de contratos con agencias externas que presten servicios y que representen a SATENA en cada uno de sus destinos con condiciones previamente establecidas.

**Análisis de las aeronaves.** Para la selección de una aeronave acorde al tipo de operación que se va a realizar para dar cumplimiento a las rutas sociales se tuvieron en cuenta criterios que obedecen a las condiciones geográficas del territorio y la infraestructura de los aeropuertos que pueden favorecer o no a las aeronaves de SATENA en el desarrollo de las operaciones aéreas en cumplimiento de la misión institucional.

Dichos criterios para el estudio de la aeronave más apropiada para la realización de las rutas sociales nuevas permitieron la realización de una matriz de selección de aeronaves (Ver Tabla 1), para usarla como herramienta para la toma de decisiones gerenciales para garantizar la optimización de los recursos y el cumplimiento de la misión y objetivos de la empresa.

Tabla 1

Matriz de selección de aeronaves

Factores		Nivel de importancia				
Operacional 20%	Criterios	Valor individual	Y-12	DH 600-400 Twin Otter	DO 228 Dornier	M-28 Mielec
1 Performance	STOL	5,00%	0,00%	5,00%	5,00%	0,00%

**Cap. 3:** Análisis de viabilidad para la reestructuración de rutas de interés social por parte de Servicios Aéreos a Territorios Nacionales (SATENA) en el Periodo de Posacuerdo

Factores		Nivel de importancia					
Operacional 20%	Criterios	Valor individual	Y-12	DH 600-400 Twin Otter	DO 228 Dornier	M-28 Mielec	
2	Seguridad	Aviónica (Glass cockpit, EGPWS, TCAS, QAR)	5,00%	0,00%	5,00%	5,00%	5,00%
3	Certificaciones	Certificados FAR, EASA	5,00%	2,50%	5,00%	5,00%	5,00%
4	Servicios a bordo	PA, Oxigen, Air conditioner, Escalera integrada	5,00%	0,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Comercial 25%	Criterios	Valor individual	Y-12	DH 600-400 Twin Otter	DO 228 Dornier	M-28 Mielec	
5	Payload	Al menos 40,5 % de Useful load	10,00%	0,00%	10,00%	0,00%	10,00%
6	Capacidad Combi	Rápida Capacidad Combi	7,50%	0,00%	0,00%	7,50%	7,50%
7	Capacidad de pasajeros	Mas de 17 pax en cualquier lugar	7,50%	0,00%	7,50%	7,50%	7,50%
Aspecto económico 30%	Criterios	Valor individual	Y-12	DH 600-400 Twin Otter	DO 228 Dornier	M-28 Mielec	
8	Depreciación por ciclos	Costo por ciclo menor a 80USD	15,00%	0,00%	15,00%	0,00%	0,00%

		Entre 700 y 800 = 7%					
9	Costo Hora	Entre 800 y 900 = 5%	15,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%
		Entre 900 y 1000 = 3%					
Mantenimiento 25%	Criterios	Valor individual	Y-12	DH 600-400 Twin Otter	DO 228 Dornier	M-28 Mielec	
	Fabricación Occidental Si 10%	10,00%	10,00%	10,00%	0,00%	10,00%	
10	Tipo de Motor	Fabricación Oriental No 0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	Tiempos de mantenimiento	200 o más horas	7,50 %	0,00%	7,50 %	0,00%	7,50 %
12	Fabricante/ Logística	Elementos compatibles en aviación mundial Si	7,50%	0,00%	7,50%	7,50%	0,00%
		Elementos compatibles en aviación mundial No	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0	Resultado		100 %	17,50 %	82,50 %	45,50 %	60,50 %
Posición			4	1	3	2	

Fuente: Adaptado de la información de SATENA.

Adquirir una aeronave es una decisión que se debe analizar meticulosamente teniendo en cuenta que factores como la demanda del mercado, el rendimiento, las condiciones de operatividad, el financiamiento y la rentabilidad influiran en el servicio a ofrecer si se desea integrar todo el territorio, además de asegurar un equilibrio

económico para la organización de forma que no se generen pérdidas en el desarrollo de las operaciones aéreas.

## Estudio organizacional y legal de la Empresa SATENA

La Estructura organizacional de SATENA se encuentra conformada en los cargos de la alta gerencia como Presidencia, Vicepresidencia, Directores de direcciones y jefes de departamentos y oficinas por personal militar de la Fuerza Aérea Colombiana que cumple labores administrativas, gerenciales, directivas al mismo tiempo que desarrolla labores en la parte operativa mediante la realización de vuelos en pro del cumplimiento de la misión de SATENA.

**Tabla 2**  
Análisis de cargos

<b>Cargo</b>	<b>Perfil</b>	<b>Estudios</b>	<b>Funciones</b>	<b>Contrato</b>	<b>Sueldo</b>
Presidente	General	Según grado	Directivas y representante legal.	FAC	Nómina FAC
Vicepresidente	Coronel		Asistencia de presidencia y coordinador del gasto.		
Directivos	Teniente Coronel		Asistencia, coordinación y organización en pro de la misión.		
Jefes de Departamento	Oficiales Subalternos		Apoyo a las funciones gerenciales y de las direcciones.		

Fuente: elaboración propia.

Por eso se puede evidenciar una subutilización del talento humano en la búsqueda de cumplir los objetivos de SATENA de manera eficiente y eficaz. Ya que la planta de pilotos militares y los cargos ocupados por personal militar se encuentran dentro de la nómina Fuerza Aérea por lo que no incurren en gastos para SATENA por el pago de sueldos y comisiones (Ver Tabla 2).

El único cargo directivo que no es responsabilidad de un Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana es la Dirección Comercial de SATENA ya que es una dirección que requiere de más dinamismo y movimiento con personal civil, instituciones, contacto con la población en general y organizaciones comerciales y de mercadeo.

## Evaluación económica y financiera del proyecto

La Evaluación económica y financiera es de suma importancia ya que es necesario obtener información que permita saber sobre la viabilidad y rentabilidad de dicho proyecto ayudando en la toma de decisiones a los accionistas, la junta directiva o los socios sobre donde deben invertir su capital para tener una retorno de inversión que se refleja en la tasa de retorno de inversión de dicho proyecto.

Por eso se tuvo en cuenta la información recolectada en la dirección financiera y comercial, pero también fue pertinente obtener información de empresas como Viking Air que suministró por medio de su página web documentos importantes para calcular todo el costo operacional del plan de rutas de la aeronave que se va usar para dichas rutas sociales en el marco del posconflicto donde SATENA desempeñara un papel vital de hacer presencia nacional, donde otras aerolíneas no pueden hacerlo.

**Inversión total del proyecto.** A continuación, se relacionan las inversiones totales necesarias para poner un funcionamiento el plan de rutas sociales en el posacuerdo para SATENA S.A. (Ver Tabla 3). Donde se tuvieron en cuenta tanto la parte operativa, administrativa, seguros, tripulación, costo de combustible, repuestos, reservas de motor.

Tabla 3

*Inversión total del proyecto*

<b>Inversiones totales del proyecto</b>	
Propiedad Planta y Equipo.	\$45.545.887.752
Presupuesto para Costos Laborales y Técnicos.	\$2.183.035.787
Presupuesto para Funcionamiento.	\$69.622.306
Inversiones para Inventarios.	\$0

Fuente: elaboración propia.

**Análisis financiero.** El análisis financiero se tuvo en cuenta información suministrada por la Dirección Financiera de SATENA pero se realizó una evaluación financiera que arrojó los datos relacionados en el Tabla 4 donde no se evidencia una tasa de retorno.

Tabla 4  
Indicadores financieros

Valor Presente Neto	(19.270.106.313)
El valor presente neto mide la utilidad que genera un proyecto en un horizonte de tiempo definido.	
Tasa Interna de Retorno.	-12 %
Valor de la Empresa.	\$28.528.439.532

Fuente: elaboración propia.

**Estado de resultados.** El proyecto de plan de rutas sociales tuvo en cuenta la utilidad operacional del primer año de operación de las rutas. Demostrado que al cierre del ciclo financiero los resultados de la utilidad operativa son positivos como para mantener un equilibrio operativo, pero son bajos como para tener una tasa de retorno de la inversión suficiente como para recuperar la inversión. Hecho que lo hace viable porque se trata de un proyecto de inversión social y no de negocio teniendo en cuenta que hay equilibrio social en la operación.

Tabla 5  
Estado de resultados (Primer mes de operación)

	Factores	Valor
=	Ingresos.	\$1.369.306.994
-	Costos variable.	\$915.102.493
=	Contribución.	\$454.204.501
-	Costos fijos.	\$394.000.695
=	Utilidad operativa.	\$60.203.806
-	Gastos financieros.	\$0

	<b>Factores</b>	<b>Valor</b>
=	Utilidad antes impuesto.	\$60.203.806
-	Impuestos.	\$0
=	Utilidad.	\$60.203.806

Fuente: elaboración propia.

Por lo que será una inversión por parte del Estado que no tendrá TIR si se tiene en cuenta que el tiempo de vida del proyecto será de 20 años, que es la vida útil de las aeronaves por lo que será un proyecto enfocado más a asegurar la prestación de un servicio esencial como es el transporte aéreo a regiones apartadas del territorio colombiano que a recuperar la inversión.

## Conclusiones

En primera instancia, se observa que el mercado aéreo colombiano ha estado determinado por cambios macroeconómicos que han generado la necesidad de evolucionar a un direccionamiento estratégico a mediano y largo plazo empezando por cambios en las condiciones de competitividad, renovación de las flotas aéreas e infraestructura aeronáutica para aumentar el potencial y capacidad de la aviación colombiana con una adaptación en un mercado dinámico y cada vez más demandante donde es necesario un transporte aéreo integral para asegurar una rentabilidad y mayor participación del mercado. Situación que SATENA ha aprovechado para aumentar su participación en el mercado nacional reflejado en el aumento del número de pasajeros transportados y el aumento de la ocupación de sus aeronaves gracias al aumento de sus ventas apoyadas en las estrategias de ventas y aumento permanente de los canales de distribución propios de SATENA.

En segunda instancia, se sugiere que se debe asegurar un mayor número de horas por aeronave para garantizar una depreciación menor por hora volada, dicho intervalo se encuentra entre las 220 y 240 horas mensuales, para asegurar un menor costo operacional y un mejor rendimiento operacional de esta ya que el ideal es disminuir al mínimo los efectos



de los factores externos como la tasa de cambio e impuesto, el precio del combustible, entre otros a mediano y largo plazo afectan el rendimiento de las operaciones y cuyos comportamientos son variables o cíclicos acorde a la situación del entorno macroeconómico y otros internos como las restricciones operacionales como operaciones nocturnas, deficiencia en los procesos de aproximación, falta de radio ayudas y pistas en mal estado también afectan el porcentaje de la eficiencia operacional.

Con relación a lo anterior, SATENA ha implementado la subcontratación de vuelos misionales para ayudar de manera significativa a la generación de ingresos adicionales sin que estos afecten las operaciones regulares y necesiten de personal para atención de dichos vuelos ya que son atendidos por el mismo personal de la FAC para uso VIP y las acciones de mejora y estrategias en pro de asegurar un equilibrio operacional para la empresa siempre soportada administrativamente, logísticamente y técnicamente por personal militar y civil donde la reducción de estos para disminuir costos han generado sobrecargas de trabajo en el personal, cambio en el itinerario de los vuelos e inclusive cancelaciones de los mismos produciendo incumplimientos que llevan a deficiencias en el servicio del cliente que disminuyen el porcentaje de pasajeros fidelizados por un mal servicio.

Por consiguiente, se obtuvo que el TIR del proyecto de SATENA arroja un valor utópico ya que la inversión se recuperaría en un lapso de 45 a 60 años lo que no concuerda con la vida útil del avión de 20 años, lo que si se cumple es con la utilidad operativa y se logra un rendimiento positivo por encima de los costos del proyecto lo cual es viable si se habla de que SATENA cumple con una misión social y no un busca generar rentabilidad. Si no un equilibrio en sus operaciones.

Pero que debido a las operaciones aéreas que efectúa SATENA S.A cuyo propósito misional está enfocado en la razón social de conectar regiones apartadas del territorio se caracteriza por niveles tarifarios bajos y una alta necesidad de cubrir dichos vuelos a pesar de que la operación muchas veces genere pérdidas.

## Referencias

- Alarcón, V. Arenas, L. y Pereira, D. (2010). *Elaboración del diagnóstico y direccionamiento estratégico para la empresa consultoría y medio ambiente c&ma Ltda.* Trabajo de posgrado. Gerencia Estratégica. Bucaramanga: Universidad de la Sabana. Programa de Postgrado. Escuela de Ciencias Económicas y Administrativas.
- Baca, G. (2013). *Evaluación de proyectos*, 7 ed. México: McGraw-Hill, .371 p. ISBN 978-607-15-0922-2.
- Colombia, Ministerio de Transporte –Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil. (2015). Resolución 00835 (31, Marzo, 2015). Por el cual se acoge el estudio presentado por MINISTERIO DEFENSA-SATENA S.A. al tenor del Artículo 240 de la Ley 1753 de 2015 para rutas sociales únicas. Bogotá D.C.
- Córdoba, M. (2011). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. 2 ed. Ecoediciones, .337 p. ISBN 978-958-648-700-9.
- Congreso de la República de Colombia. (2019). Ley 1955. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>.
- Gerencie.com. (2022). *Flujo de caja libre*. [En línea]. <<http://www.gerencie.com/flujo-de-caja-libre.html>>.
- Gerencie.com. (2022). *Flujo de efectivo*. [En línea]. <<http://www.gerencie.com/estado-de-flujos-de-efectivo.html>>.
- Gutiérrez, J. (2022). *Presentación Estrategia Comercial [diapositivas]. SATENA.11 diapositivas*.
- Infórmate en economía. (s.f.). *Mercado común y tipos de mercado*. [En línea]. Disponible en internet:<<https://sites.google.com/site/tecnolobachiller/tema-7-el-mercado/tipos-de-mercados>>.
- Portafolio. (2022). *Así se reparte la torta del mercado aéreo en Colombia*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/asi-se-reparte-la-torta-del-mercado-aereo-en-colombia-564843>.
- Servera-Francés, D. (2010). Concepto y evolución de la función logística INNOVAR. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, vol. 20, núm. 38, septiembre-diciembre, 2010, pp. 217-234 Universidad Nacional de Colombia.

## Capítulo 4.

# Factores determinantes para el desarrollo tecnológico y la innovación en el sector defensa y aeroespacial colombiano como sectores para la transformación productiva

*TC. Jimmy Anderson Flórez Zuluaga*

Jefe Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa  
-CETAD

Fuerza Aérea Colombiana

<https://orcid.org/0000-0002-0426-1000>

[jimmy.florez@fac.mil.co](mailto:jimmy.florez@fac.mil.co)

*Dr. Jhon Fredy Escobar Soto*

Corporación Universitaria Remington

<https://orcid.org/0000-0002-6826-6222>

[jhon.escobar@uniremington.edu.co](mailto:jhon.escobar@uniremington.edu.co)

*Cita este capítulo:*

Flórez Zuluaga, J. A. y Escobar Soto, J. F. (2022). Factores determinantes para el desarrollo tecnológico y la innovación en el sector defensa y aeroespacial colombiano como sectores para la transformación productiva. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroño, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 77-109). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Introducción

El presente capítulo está orientado como un estudio de gestión tecnológica con el fin de determinar que procesos y que factores deben ser fortalecidos en el país para lograr un desarrollo industrial nacional de capacidades en el sector aeroespacial y de defensa en Colombia, este servirá de eje tractor para industrias de alta tecnología y aprovecha de manera positiva la experiencia del país en la lucha contra amenazas transnacionales como el narcoterrorismo.

Para esto primero se desarrolla un ejercicio prospectivo para determinar las principales áreas de desarrollo que deben trabajarse en el sector defensa y aeroespacial colombiano, dadas las condiciones del país, las condiciones de la industria colombiana y de los sectores con miras a generar capacidades nacionales a 10 años que le permitan al país buscar soberanía tecnológica y desarrollo nacional de capacidades.

A partir de estas variables se proponen factores que deben ser tenidos en cuenta dentro de los procesos de innovación al interior de la Fuerza Aérea Colombiana como ente de encuentro entre el desarrollo del sector aeroespacial y de defensa, basados en un análisis de modelos de otros países que sirvan como referente para la institución.

Este trabajo pretende ser una herramienta de análisis para la planeación y desarrollo de áreas críticas en la Fuerza y en la industria para posibilitar la generación de capacidades, apalancadas por la combinación de factores de tetra hélice que integren a la sociedad dentro de los procesos de articulación de la Universidad – Empresa - Estado descrita por Pineda Márquez et al. (2011) aumentando la sinergia de las capacidades nacionales de acuerdo con las áreas de interés del país.

Se partirá entonces de investigaciones previas y de un análisis de las capacidades de ciencia y tecnología del sector defensa, basado en procesos de diagnóstico y análisis del modelo de ciencia y tecnología de la Fuerza Aérea que puede ser replicable a las otras fuerzas y los modelos de otros países que puedan ser emulados, buscando aplicar mejores prácticas mundiales, lo que es contrastado con un informe de la OCDE del Ministerio de Ciencia y Tecnología el cual propone.

**Palabras clave:** sector aeroespacial y defensa, gestión tecnológica, Fuerza Aérea Colombiana, ciencia y tecnología, proyectos de investigación, desarrollo industrial nacional.

## Revisión de la literatura y análisis del sector

Desde el Plan de Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, se propone como objetivo plantar las bases de la legalidad, el emprendimiento y la equidad buscando desarrollar a Colombia, enmarcado en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible al 2030, bases para un desarrollo sostenible, donde la Ciencia y la tecnología cumplan un papel crucial (Congreso, 2018).

La investigación, el desarrollo y la innovación han sido el pilar para el desarrollo de los países, lo que para el caso de Colombia se ha ido incorporado desde la planeación nacional a través de los últimos planes de gobierno y políticas públicas como los CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social), buscar desarrollar las capacidades nacionales en áreas que han sido consideradas como transversales para la transformación productiva tales como:

- CONPES 3522 - Lineamientos de Política de Cooperación Industrial y Social - Offset (2008)
- CONPES 3975 - Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial (2019).
- CONPES 4069 - Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación 2022-2031 ( 2021).
- CONPES 4062 - Política Nacional de Propiedad Intelectual (2022).

Ser una herramienta de apalancamiento para el desarrollo de las capacidades nacionales para el sector defensa (Aramayo, 2019; Rodríguez Gutiérrez, 2012; Rodríguez-Gutiérrez et al., 2017).

Este tipo de modelos, se han promovido en muchos países como Brasil, España, Inglaterra y Chile, donde la integración del sector defensa en el desarrollo de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), ha llegado a crear grandes economías, que además de generar réditos para los Estados y empleos bien pagados para los ciudadanos, les brindan a los

países independencia y soberanía sobre una o varias tecnologías como se describe en (Florez, 2021; Wegener, 2000; Ruttan, 2006), que resaltan el papel del Estado en el proceso I+D+i y más específicamente desde el sector defensa como sector que puede apalancar estos procesos. En países como Estados Unidos el desarrollo en defensa es base de la tecnología y potencializador de la producción industrial, con implicaciones positivas en los mercados y el crecimiento de la productividad y de la economía. Otros casos de éxito son China e Israel, han logrado consolidar el desarrollo de su economía aprovechando la solución y búsqueda de desarrollos desde el sector defensa, gracias a su posición geopolítica y a su optimización de capacidades en torno a objetivos del Estado (Donatas Palavenis, 2020; Yuan et al. 2014 ).

En este sentido se puede pensar en el I+D+i del sector defensa, como elemento base para garantizar la posición hegemónica de una nación como en el caso de los Estados Unidos, o Israel, desde aspectos como la seguridad, y el uso del poder duro como herramienta de la política frente a otros competidores, además de ser un importante dinamizador a través del desarrollo tecnológico para la economía, la industria y la innovación de nuevos sectores a través de tecnologías transversales.

Es congruente asumir que a nivel mundial el desarrollo tecnológico militar sirve como herramienta de desarrollo nacional y de generación de capacidades nacionales de uso dual, apalancados por los sistemas de ciencia, tecnología e innovación al interior de sector defensa que garanticen productos tecnológicos acordes a las necesidades del país, dentro del proceso de la tetra hélice, definida por el estado, la sociedad, la academia y la industria, que asuman desarrollos, e inversiones en infraestructura que después estén al servicio de la industria nacional a través de convenios, o relacionamientos comerciales, industriales, Joint ventures, que integren la sociedad, la industria, el Estado con el sector defensa, y la educación, por ejemplo a través de las corporaciones que forman parte del Ministerio de Defensa Nacional. Lo que generaría un cambio en la cultura y establecería un círculo virtuoso en la nación, marcado por posibles beneficios económicos de los proyectos para las partes involucradas, ahorros institucionales y ventajas estratégicas con impactos positivos en el desarrollo tecnológico y en la aplicación de las capacidades del país, su productividad y su competitividad.

Para esto es necesario tener en cuenta múltiples factores, entre ellos, la forma en la que se abordan y transfieren los proyectos entre entidades o

sectores; mediante la integración de herramientas como metodologías correctamente apropiadas, de medición del nivel de madurez de la tecnología, el mercado, la regulación, la integración entre otras (Mankins, 2009 y Tlapanco Rios et al., 2022). Este tipo de metodologías podrían ser la base de sistemas más desarrollados de transferencia tecnológica entre los componentes de la tetra hélice, compras de tecnología, medición de alcance de desarrollos tecnológicos, e incluso la asignación y entrega eficiente de recursos, que busquen un retorno de la inversión o proyectar desarrollos como base de la planeación por capacidades, que potencien la investigación, desarrollo y adquisición en el sector defensa como base de desarrollo de tecnología y de ventaja estratégica para el país. Con este fin, es necesario una industria con la capacidad para desarrollar esas iniciativas y una cuidadosa escogencia de áreas que permitan un desarrollo exitoso y que sirvan como sectores tractores de la industria nacional.

Para esto se analizan las capacidades orientadas al desarrollo del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SCTeI), la industrial del sector defensa y aeroespacial, partiendo de la estructura de la Fuerza Aérea Colombiana para el I+D+i. En el país, la entidad rectora por parte del Estado para la gestión de la I+D+i es el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación que, busca fomentar la investigación aplicada y fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a través de la transferencia de conocimiento y transformación manufacturera como herramienta de desarrollo nacional (Minciencias, n.d.; Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2020), donde el ministerio tiene como papel fundamental formular, liderar, coordinar, ejecutar, implementar y controlar las políticas que en estas materias se emiten desde el nivel central del Estado. En este sentido se han venido realizando gestiones para articular el todos los sectores de la tetra como lo son el sector académico, el empresarial, el gubernamental y la sociedad civil, que a través del desarrollo profesional y articulado de su papel en aspectos como la generación de conocimiento, su transferencia, y basado en esto la implementación de los procesos de innovación, apropiación social, desde la formación de alto nivel en Ciencia, Tecnología e Innovación como se describe en ([www.minciencias.gov.co](http://www.minciencias.gov.co), 2022). Dentro de sus desafíos esta la focalización de las apuestas productivas del país para el mejoramiento de la competitividad. En este sentido se desarrolló la Misión de Sabios (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Información, 2019), que después de un cuidadoso análisis, priorizo áreas de interés en el desarrollo nacional desde la óptica de un grupo de expertos nacionales e internacionales, escogiendo 8 focos temáticos, los cuales para este

análisis son de especial importancia, las ciencias básicas y del espacio y las tecnologías convergentes e industrias 4.0.

Con respecto al sector, el Ministerio de Defensa Nacional tiene dentro de sus prioridades el impulso al desarrollo de la ciencia y tecnología para fortalecer la Fuerza Pública y el desarrollo sostenible para Colombia, apuesta que se ha abordado a través del Grupo Social y Empresarial de la Defensa (GSED), como el encargado de potenciar las capacidades del sector a nivel nacional, este “cuenta con dieciocho (18) entidades que apoyan la misión de las Fuerzas Militares y la Policía Nacional, con empresas como CODALTEC, CIAC, COTECMAR, Universidad Militar y la Agencia Logística entre otras, que podrían generar un clúster de internacionalización para exportación de este tipo de servicios y tecnologías de defensa y que pueden fungir como catalizador nacional de la tetra-helice. Dichas entidades poseen una amplia oferta de servicios de educación, transporte, recreación, vivienda y producción de equipos y elementos de uso militar y civil”. (www.gsed.gov.co, 2022), convirtiéndose en uno de los principales grupos económicos del país con cifras de activos de 13,6 billones, y una participación en el PIB superior al 1,1 % generando más de 12.000 empleos directos de acuerdo con (Cuellar, 2018; García Mesa, 2021; MinDefensa, 2019; Neira, 2018).

De estas entidades, cuatro (04) se encuentran dedicadas a actividades industriales y vienen desarrollando capacidades científicas y tecnológicas aplicables al desarrollo de la industria nacional mediante procesos de innovación, con el fin de apoyar a las Fuerzas de acuerdo con sus necesidades. Estas se describen así:

**CIAC:** De acuerdo con CIAC ( s.f.), la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana S.A. (CIAC S.A.) es la empresa líder en la industria aeroespacial nacional con base en su condición de fabricante de productos aeronáuticos y de estación reparadora certificada para la prestación de servicios MRO de aviación.

**INDUMIL:** De acuerdo con el plan estratégico de Indumil (2020), la Industria Militar, produce, importa, exporta y comercializa armas, municiones, explosivos, accesorios y sus servicios complementarios, con calidad, oportunidad e innovación, con el propósito de satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas contribuyendo con responsabilidad social y ambiental al progreso del país con capacidades de innovación en el área metalmecánica y exportación a varios países de la región.



**COTECMAR:** Según COTECMAR (s.f.), la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial es una organización innovadora que trabaja dentro del campo de investigación científica y tecnológica, apoyando el desarrollo de la industria marítima colombiana. La corporación está orientada a la dirección, planificación, articulación, ejecución y control de los procesos relacionados con la gestión de la innovación y las actividades de investigación y desarrollo tecnológico para mantener el liderazgo en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

**CODALTEC:** De acuerdo con su página oficial la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa nace de la necesidad del Sector Defensa de promover el desarrollo de capacidades en el área tecnológica; a fin de crear sus propias soluciones, apoyando no solo el ambiente operacional de la Fuerza Pública sino el avance de la industria nacional. Su misión es disminuir la brecha tecnológica del país en la industria del sector defensa a través de la apropiación y generación de conocimiento, el desarrollo tecnológico y mediante la integración del sector productivo público y privado, las universidades y el estado. Todo lo anterior con proyección social para el desarrollo de tecnologías duales, que potencien la producción tecnológica nacional y territorial. En 2018 fue reconocido por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia – Colciencias (hoy Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación) como Centro Autónomo de Investigación y actor del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación de Colombia. (<https://www.codaltec.com>, 2020).

Por su parte, las Fuerzas Militares (FFMM) se han transformado para enfrentar los efectos desestabilizadores de las organizaciones narcoterroristas y las amenazas transnacionales. En Montes (2008), se aprecia un enfoque, que describe desde lo tecnológico y la generación de industria del sector defensa, y se plantea una nueva hoja de ruta para Colombia. En este sentido, el Grupo Social y Empresarial de la Defensa (GSED), podría jugar un papel clave en la consolidación de capacidades, que reúne las empresas del sector con el fin de potenciar y dinamizarlo. A nivel Estado, se busca consolidar las capacidades nacionales mediante el GSED, con el fin de fortalecer la industrialización de servicios de defensa, a través de alianzas público-privadas, o de las empresas del GSED (MinDefensa, 2019).

Dentro de las entidades oficiales que conforman el sector una de las más grandes y con mayor vocación tecnológica, por su naturaleza, es la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) con más de 12.000 miembros y aproximadamente 13 bases aéreas disgregadas en todo el país, con una gran cantidad de equipo volante y con grandes capacidades de conocimiento, desarrollos e investigación en el sector.

Colombia viene desarrollando en las últimas dos décadas capacidades enfocadas al sector aeroespacial desde el sector defensa y seguridad como uno de los principales tractores de estos desarrollos, por lo cual se reconocen una fuerte relación entre ellos y se parte del análisis conjunto de los sectores ya que en Colombia están fuertemente integrados. Esto se ha logrado a través de convenios entre organizaciones, el GSED, el esfuerzo y liderazgo de la FAC y convenios de cooperación social e industrial (Offset) provenientes de las compras del sector entre los que destacan los usados en el centro para la certificación de piezas, que ha potenciado capacidades de diferentes sectores para producir estos elementos para consumo interno, reduciendo costos y aumentando las capacidades nacionales (Gaviría Gómez, 2017), habilitando una poderosa herramienta para transferencia tecnológica.

Con respecto a la FAC, la aplicación de la ciencia y la tecnología se ha evidenciado a través del apalancamiento de grandes desarrollos nacionales en apoyo con el GSED, como la aeronave T-90 “Calima”. Este desarrollo es producto del trabajo conjunto entre el Comando Aéreo de Mantenimiento (CAMAN) y la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC). El apoyo a la industria espacial se ve reflejado a través de la comisión colombiana del espacio y del programa espacial de la FAC donde los programa FACSAT-I y FACSAT-II han venido jalonando el desarrollo espacial colombiano (David y García, 2020; Portilla Barbosa y Murcia Piñeros, 2021), además de proyectos como los de sustitución de importaciones.

La Fuerza Aérea Colombiana, con el fin de promover los avances tecnológicos y técnicos en el sector aeroespacial, ha fomentado a través de su estructura de I+D+i estos desarrollos (FAC, 2018) apoyado por sus entidades de educación superior, centros de investigación y grupos de investigación, consolidando un gran sistema de ciencia y tecnología, que contiene el marco de referencia para el desarrollo de proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación por parte del personal de la institución, así como para el personal en formación (cadetes y alumnos) quienes deben cumplir

con trabajos de investigación como requisito de graduación. Actualmente la FAC cuenta con cuatro centros de (I+D+i) que según él (FAC, 2018) y según aparece en Minciencias (s.f.) tiene como características principales:

**CITAE.** Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales, con sede en la ciudad de Cali (Valle del Cauca) cuya misionalidad es la de llevar a cabo estudios e investigaciones en el campo de la ingeniería aeronáutica y espacial, desarrollo de vehículos espaciales, sistemas de lanzamiento, sistemas de control de misión y cargas útiles.

**CETIA.** Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutico, con sede en el municipio de Madrid, (Cundinamarca), cuya misionalidad es la de llevar a cabo estudios e investigaciones en el campo logístico aeronáutico.

**CETAD.** Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa, con sede en el municipio de Rionegro (Antioquia), cuya misionalidad es la de llevar a cabo estudios e investigaciones en el campo de la ingeniería aplicada a sistemas de comando y control, simulación, sistemas avanzados de defensa, guerra electrónica y contramedidas.

**CIBAE.** Centro de Investigaciones Biomédicas Aeronáuticas y Espaciales, con sede en la ciudad de Bogotá, cuya misionalidad es la de llevar a cabo estudios e investigaciones en el campo de la medicina y de los factores que afectan el desempeño de las tripulaciones de la FAC en las operaciones aéreas y espaciales.

La FAC, cuenta también con una Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa cuya misión es normalizar, calificar y certificar productos aeronáuticos, para el desarrollo de la industria aeronáutica y la oficina de como Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado (AAAES), ente certificador de productos y servicios aeronáuticos para aviación del Estado.

En el sector industrial, aeroespacial como una de las entidades más grandes del sector existe la Asociación del Transporte Aéreo en Colombia denominada ATAC, la cual asocia, las aerolíneas colombianas transportadoras de carga y pasajeros nacionales e internacionales, con el propósito de trabajar en soluciones y desafíos del sector. Esta asociación incluye, Satena, Avianca, Easy Fly, LAN Colombia, Aerolíneas de Antioquia, aerolíneas argentinas, Air Canadá, Airfrance, Helicol, LAN, Taca, Tampa, entre otras aerolíneas que funcionan en el país. En representación de la capacidad industrial y

comercial nacional, destacan iniciativas como las de Corredor-Gutiérrez (2017), donde a través de agremiaciones han buscado desarrollar capacidades para promover el desarrollo en estos sectores. El Clúster Aeroespacial Colombiano (CAESCOL) con 16 empresas asociadas, Centro de Desarrollo Tecnológico para la Cadena Metalmeccánica Colombiana (CRTM Pacífico) en donde se encuentran aliadas 13 empresas, la Asociación Colombiana de Productores Aeroespaciales (ACOPAER) que cuenta con 21 empresas y la Cámara de Comercio de Dos Quebradas, que tiene alianza con 11 empresas que han incursionado en el sector, son una muestra de este fenómeno que tiene como común denominador que sus capacidades están orientadas en el mantenimiento, reparación y la fabricación de piezas metalmeccánicas del sector aeronáutico. En Morante Granobles y López Martínez (2018) se analizan otros clústeres latinoamericanos y se describe el papel del CETAD como centro de desarrollo tecnológico de la FAC como impulsor de la creación de CAESCOL. También la mesa técnica aeronáutica de Rionegro que viene trabajando en la elaboración de una política pública que hace parte de una inversión en ciencia, tecnología e innovación, con el objetivo de buscar recursos a nivel local, regional, departamental y nacional que aporten al desarrollo; y la mesa interinstitucional del sector aeronáutico, integrada por: ANDI, ACOLEA, FEDEMETAL, e invitados como AIRBUS, PROCOLOMBIA, los clústeres a nivel nacional y MinDefensa.

Todo este esfuerzo actualmente ha fructificado en la creación de una federación aeroespacial colombiana, que tiene la vocería de una gran parte de los actores del sector denominada FEDIAC y que se define como un ente gremial que promueve el desarrollo de la Industria Aeroespacial en Colombia integrando el sector a través de la cooperación industrial, académica y gubernamental generando la respuesta a los diferentes retos asegurando la inversión en cadenas de valor. Esta federación de acuerdo con AeroCivil, ha efectuado convenios con casas fabricantes (OEM's) como Boeing y SAAB, para identificar las capacidades de la industria nacional para la participación en proyectos de transferencia tecnológica buscando incursionar en la cadena de valor global (CEA, 2020)

Industrialmente el sector defensa y aeroespacial cuentan con unas capacidades que pueden ser integradas con líneas de producción de acuerdo con las necesidades de la nación, y a un mediano plazo podrían transformarse para vender bienes y servicios a otros países u organizaciones interesados en la defensa estratégica y el sector aeroespacial.

Una vez conocidas las capacidades sectoriales con las que se cuenta en Colombia y como se describe en (Ospina, 2015; Miranda, 2012; Ruiz et al., 2019), buscando un análisis realista aplicado a las políticas y tecnologías del nuevo milenio, se analizan líneas de investigación de países líderes como Estados Unidos, Rusia y China y se observa primero una relación entre los sectores de I+D, Aeroespacial y defensa como base para el liderazgo geopolítico y económico de los países.

También se consulta con expertos en tendencias tecnológicas mundiales como se describe en (Burke et al., 2020; Perry, 2018) se encuentra que tecnologías como desarrollos en la Nube, Ciberseguridad, protocolos de cifrado y seguridad digital liderados por el blockchain, Big Data, sistemas geográficos, sistemas autónomos y automatizados, procesamiento de digital de imágenes y señales, aeronaves remotamente tripuladas, entre otras áreas, están aportando de manera dual a sectores como la defensa y potenciando industrias en España, Israel entre otros. También se consideran informes de organizaciones transnacionales como (BID, 2010; OCDE, 2015; Para y Mejor, 2020), que muestran una clara tendencia apalancada por las tecnologías emergentes como factor clave que podría potenciar estos sectores y el país (MinTIC, 2019).

En este capítulo, se analiza la infraestructura colombiana, teniendo en cuenta que según los expertos consultados puede ser altamente potenciada por esta tecnología de la industria 4.0, ya que se considera que en Colombia se cuenta con capacidades digitales y de desarrollo que potenciarían estas áreas de la industria y el conocimiento, fortalecidos por las políticas públicas mencionadas.

## Perfil Tecnológico de los Sectores

El sector Defensa y Aeroespacial Colombiano, cuenta con actividades económicas desarrolladas en el país relacionadas a través de Códigos de Clasificación de Actividades Económicas CIIU como se describe entre otros para cada sector:

## Defensa

Va desde el 2512 de fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal, excepto los utilizados para el envase o transporte de mercancías, 2520 fabricación de armas y municiones, 2599 fabricación de otros productos elaborados de metal, 2910 fabricación de vehículos automotores y sus motores, 3030 fabricación de aeronaves, naves espaciales y de maquinaria conexas, 3040 fabricación de vehículos militares de combate, 3290 otras industrias manufactureras, 8421 relaciones exteriores, 8422 actividades de defensa, 8423 orden público y actividades de seguridad, 8411 actividades legislativas de la administración pública, 8412 actividades ejecutivas de la administración pública, 8422 actividades de defensa, 8423 orden público y actividades de seguridad.

## Aeroespacial

Van desde el 3530 Fabricación de aeronaves y naves espaciales, 6220, transporte no regular por vía aérea, 6310 manipulación de carga, 6320 almacenamiento y depósito, 6333 actividades de aeropuertos y servicios complementarios para el transporte aéreo, 6339 otras actividades complementarias del transporte, 7310 investigación y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias y la ingeniería, 7421 actividades de arquitectura e ingeniería y actividades conexas de asesoramiento técnico, 7512 actividades ejecutivas de la administración pública, 7522 actividades de defensa.

El crecimiento económico en los últimos años ha sido una de las banderas del desarrollo del país y el papel del sector aeronáutico colombiano en este crecimiento es preponderante ya que proporciona un vínculo de comunicación directo entre las ganancias generadas por las exportaciones y el transporte aéreo de carga y de pasajeros que mueven otros renglones de la economía como el turismo. Con respecto a la Aviación de Estado, se consume una gran cantidad de insumos la gran mayoría importados de países como Estados Unidos, España e Israel.

Dentro de las carreras técnicas y profesionales ofrecidas en el país relacionados con los sectores están:

Oficiales y suboficiales de las Fuerzas Militares, físicos y astrónomos, meteorólogos, estadísticos, ingenieros eléctricos, ingenieros electrónicos

de telecomunicaciones y afines, Ingenieros mecánicos, industriales y afines, químicos y afines, de minas, ingenieros metalúrgicos y afines, ingeniería mecánica integrada en saberes de la ingeniería mecatrónica, aeroespacial, aeronáutica, electrónica, de telecomunicaciones, de sistemas, informática, de materiales, industrial y tecnologías en aeronáutica, mecánica, aviónica, pilotaje, control de tráfico aéreo, seguridad aeronáutica y regulación de tráfico aéreo.

Empresas líderes en el sector aeroespacial y defensa a nivel mundial en los sectores se desatacan mundialmente:

Tabla 1  
Empresas líderes del sector

Empresa	Sector	Descripción de mercado
Lockheed Martin (Estados Unidos)	Defensa-aeroespacial	Es uno de los principales actores de la industria aeroespacial y militar siendo el mayor contratista militar de estados unidos, para todas sus fuerzas y su departamento de defensa. Resaltan sus capacidades en el área de la aeronáutica, misiles, helicópteros, sistemas de radares, tecnología espacial.
Boing (Estados Unidos)	Defensa-aeroespacial	Otro gran proveedor de tecnología de la estación espacial aeroespacial internacional. Desarrolla y comercializa aviones militares y civiles, tripulados y no tripulados, sistemas satelitales, tecnología espacial, misiles y sistemas de defensa, inteligencia y seguridad. Entre sus productos esta su modelo 777 en todas sus variantes, el cohete space launch y e IF-18 super Hornet.
Northrop grumman (Estados Unidos)	Defensa-aeroespacial	Northrop grumman corporación es otro gran actor del sector en el mundo. Está conformada por una agrupación de empresas e industrias aeroespaciales y de defensa y es uno de los mayores contratistas de defensa militar a nivel mundial. Está conformado por tres divisiones de negocios: sistemas aeroespaciales, sistemas de misiones y servicios de tecnología bajo el agua, en el espacio y en el ciberespacio. Es un proveedor de tecnologías de información de los mayores contratistas militares del mundo.

---

Bae Systems (Inglaterra)	Defensa-aeroespacial	Empresa británica, que se ha posicionado como uno de los mayores contratistas militares del mundo, además con capacidades en la industria aeronáutica comercial.
Bombardier (Canadá)	Aeroespacial	Bombardier es parte importante de los mercados de aeronavegación, incluye modelos con capacidad entre 50 y 100 asientos. Bombardier Aerospace, se encuentra en Querétaro y también produce piezas aeronáuticas.
Raytheon (Estados Unidos)	Defensa-aeroespacial	Empresa que desarrolla y comercializa tanto para el sector defensa como para el sector civil sistemas de comando, control, comunicaciones, inteligencia y servicios de soporte para la industria de defensa mundial con capacidades de desarrollo y comercialización de sistemas de radares de aeronaves, sistemas de miras y blancos, sistemas de comunicación y componentes de satélites y sensores para aplicaciones militares aeronáuticas, navales y de tierra.
Embraer (Brasil)	Defensa-aeroespacial	La empresa brasileña de aeronáutica (Embraer) es competencia directa con los Canadair regional jets de Bombardier y es la empresa aeronáutica y de defensa más grande de América del Sur. Es un icono de la industria en Brasil y una muestra de la colaboración de la triple hélice.
Dassault (Francia)	Aeroespacial	Dassault aviation es un fabricante de aeronaves civiles y militares francés con capacidades de desarrollo en el sector aeroespacial de uso dual.

---

Fuente: elaboración propia.

## Metodología

Posterior a un análisis del estado del arte y un análisis de los sectores se pretende proponer una aproximación a los principales elementos que, desde la perspectiva de los autores, pueden ser decisivos a la hora de proponer estrategias para desarrollar los sectores de Defensa y Aeroespacial en el



país. La idea es proponer una metodología de diagnóstico desde una matriz DOFA, que sirva como insumo para el desarrollo de un análisis prospectivo de los sectores analizados.

Para esto, posterior al diagnóstico con un grupo de expertos del área de ciencia y tecnología del sector defensa consultados, tanto de la FAC como del sector educativo, industrial y de otras fuerzas, se hace una aproximación a 40 factores de cambio que podrían marcar una diferencia para el desarrollo del sector aeroespacial y defensa visto en conjunto.

El grupo de expertos analiza los factores y su influencia directa e indirecta, para posterior usando el software MICMAC, realizar una cuantificación del análisis basado en los resultados de la discusión de manera individual se realiza una ponderación de expertos que incluyó personal de todas, las fuerzas, personal del sector aeroespacial y defensa y personal de ciencia y tecnología de la FAC, lo que ha permitido diagnosticar los sectores y establecer factores que permitan el desarrollo nacional del sector considerando las condiciones de la tecnología y las nuevas políticas públicas planteadas.

Dentro del análisis se tuvo consideración en las condiciones colombianas, de la industria, la tecnología, los programas educativos como base del análisis con el fin de establecer factores de cambio que sean realistas.

Por último, se realiza el análisis de los resultados y se seleccionan los factores de mayor impacto para la industria nacional, con el fin de proponer inversiones y desarrollos realistas que permitan de estos factores transformar la industria nacional, como eje de productividad y competitividad del país.

Con base en esos análisis se proponen algunas conclusiones que podrían servir de base en trabajos que continúen con estos estudios en el camino de proponer un sector fortalecido como base del desarrollo nacional.

Este trabajo esta enmarcado, en las nuevas políticas públicas que pueden apalancar el sector, las condiciones de la industria nacional, y las capacidades de ciencia y tecnología para los sectores de análisis en el país, las condiciones de ciencia y tecnología de las fuerzas, la política internacional del país y las capacidades de las principales universidades en los sectores relacionados.

## Desarrollo

Se inicia con un diagnóstico de las capacidades de desarrollo tecnológico del sector basado en la estructura de la FAC como elemento de partida, buscando las principales variables de interés y con el potencial para transformar el desarrollo tecnológico en el sector defensa y aeroespacial y convertirlo en una base de la competitividad del país.

Se inicia con la realización de una matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) a través del trabajo de un grupo intersectorial de las fuerzas y la academia.

Tabla 2  
Matriz DOFA

<b>1. Matriz Dofa</b>	
<b>ASPECTOS FAVORABLES</b>	
<b>Internos (Fortalezas)</b>	<b>Del entorno nacional y mundial (Oportunidades)</b>
Existencia de laboratorios, talleres y equipo en el Ministerio de Defensa.	Existencia del GSED en el MDN, con empresas como COTECMAR, CIAC, CODALTEC.
Conocimiento de tecnologías emergentes que potencian la defensa y la industria aeroespacial nacional	Alianzas estratégicas con la empresas privadas como Fabricato, Newsat, CAESCOL, FEDIAC en diferentes áreas.
Personal altamente capacitado.	Mercado cautivo en el MDN a nivel nacional.
Existencia de necesidades transversales a nivel nacional e internacional en los sectores analizados.	Experiencia operacional y posibilidades de pruebas en entornos reales como base de comercialización internacional.
Sistemas de certificación, calificación y oficina de la autoridad aeronáutica de aviación de Estado en el sector.	Cooperación internacional en I+D+i en temas de seguridad nacional a través de OFFSET.
Exposiciones internacionales propias como expodefensa y la F-Air.	Acceso a patentes y sistemas mundiales de gestión de conocimiento.
Capacidad de innovación para plantear soluciones a retos a través de innovación abierta.	Capacidades nacionales en áreas de materiales, siderúrgicas, talleres y laboratorios en el sector educativo y privado.
Presupuesto de inversión y sostenimiento de nivel central.	Convenios regionales, con otros países.
Infraestructura existente en el sector público y privada	Alianzas estratégicas, oportunidades de incursión en redes internacionales y oportunidades de desarrollo en el país.
Universidades y entidades educativas en el sector.	
<b>ASPECTOS DESFAVORABLES</b>	
<b>Internos (Debilidades)</b>	<b>Del entorno nacional y mundial (Amenazas)</b>
Falta de equipo moderno en muchos entornos nacionales.	Efectos en el mercado por conflictos a nivel mundial.

**Cap. 4:** Factores determinantes para el desarrollo tecnológico y la innovación en el sector defensa y aeroespacial colombiano como sectores para la transformación productiva

<b>ASPECTOS DESFAVORABLES</b>	
<b>Internos (Debilidades)</b>	<b>Del entorno nacional y mundial (Amenazas)</b>
Inexistencia de sistemas de comando y control conjunto con última tecnología.	Alza en el valor del dólar
Falencias en ciberseguridad.	Procesos educativos, sin visión industrial
Falencias en investigación en Tecnologías críticas, tecnologías emergentes y tecnologías de mayor impacto futuro.	Altos costos de tecnología de defensa y aeroespacial
Falta de procesos en el área de innovación en los sectores.	Alta dependencia tecnológica en los sectores defensa y aeroespacial.
Alto nivel de dependencia tecnológica con otros países.	Falta de conocimiento de tecnologías transversales para los sectores.
Recortes presupuestales.	Carencias en el desarrollo por capacidades.
Falta de redes de trabajo Inter agenciales e intergremiales.	Debilidades en la legislación para desarrollo de los sectores.
Falta de confianza de mercados nacionales en procesos internos.	Riesgos inherentes al desarrollo experimental en los sectores.
Falta de procedimientos para desarrollo tecnológico industrial.	Dificultades en la importación de elementos.
Mayores inversiones iniciales, para implementar desarrollos.	Falta de experiencia para negociación de CyT.

Fuente: elaboración propia

Se definen los factores teniendo en cuenta entre otros aspectos, las capacidades del país, la economía, las condiciones del mercado, el marco regulatorio y las condiciones de planeación en políticas públicas, y las condiciones económicas posteriores a la pandemia, por lo cual se contemplan y priorizan tecnologías blandas basadas en el desarrollo de software, que según el estado del arte han sido relevantes para el desarrollo nacional y con gran movilidad al desarrollo dual.

También en el equipo de expertos que se consideró para desarrollar estos sectores teniendo en cuenta que hay que desarrollar el aparato productivo, empresarial, industrial y educativo, de manera que permitan dar un piso fuerte al desarrollo de los sectores analizados buscando independencia tecnológica, y lleguen a convertirse en base de una soberanía tecnológica perdurable para el país y proyectarse como potencial factor de generación de exportaciones que dinamicen la economía nacional.

Con base en este análisis, se seleccionaron 40 factores, de los cuales se priorizaron 22 como se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3  
Descripción de los factores

2. Descripción de los factores						
Código	Factor	¿En qué consiste?	¿Qué ocurre actualmente?	¿Con qué indicadores se puede medir?	Nombre Corto	Familia
1	Sistemas de Inteligencia Artificial	IA, ese campo científico de la informática que se centra en la creación de programas y mecanismos que pueden mostrar comportamientos considerados inteligentes. En este aspecto se medirá los beneficios de desarrollar esta capacidad en el sector defensa colombiano.	No se utiliza en los sectores seleccionados, ni siquiera se tiene su concepción clara.	No. de sistemas basados en inteligencia Artificial para la defensa estratégica/ Número de sistemas para la defensa estratégica*100.	IA	Tecnológica
2	Desarrollo de Sistemas procesamiento digital de imágenes	El procesamiento digital de imágenes es un área de la ingeniería que permite a través de algoritmos automatizar procesos para mejorar o encontrar información oculta en imágenes de cualquier tipo, como imágenes satelitales, FLIR entre otras.	Se utiliza de manera manual sin conciencia del conocimiento adquirido.	% de sistemas de desarrollo nacional en PDI.	PDI	Tecnológica
3	Desarrollo de sistemas de Comando control comunicaciones- Sistemas ATM.	Los sistemas de comando control y comunicaciones o C3, son sistemas que integran la capacidad de fusionar información del territorio y comunicaciones para la Toma de decisiones.	En la mayoría de los sectores seleccionados se hace de manera manual. A nivel estratégico, en la ARC y en la FAC se tienen aproximaciones de este desarrollo.	Número de puestos de mando, con sistemas de C3/ Número de puestos de mando*100.	C3	Defensa- Aeroespacial
4	Desarrollo de sistemas de Seguridad para las comunicaciones.	Capacidades de desarrollo de sistemas para prevenir que alguna entidad no autorizada que intercepte la comunicación pueda acceder de forma inteligible a información. También este tipo de tecnologías habilitan el uso de comunicaciones en escenarios críticos.	Los medios utilizados son de poco alcance y cobertura con seguridad media para transmitir o recibir los mensajes. La ARC ha desarrollado una primera aproximación nacional, y la FAC está trabajando en el área.	Número de sistemas de data link implementados/ número de sistemas que lo requieren	COMSEC	Defensa
5	Simulación para la toma de decisiones.	Capacidad para desarrollar escenarios prediseñados en los que se desarrollan habilidades para la toma de decisiones mediante la observación de los resultados de sus decisiones.	Se implementan en los diferentes cursos y capacitaciones que recibe el personal de oficiales y suboficiales como materia de obligatorio conocimiento.	Resultado obtenido en la práctica de ejercicios en los juegos de guerra realizada de manera académica	Sim-TD	Tecnológica
6	Implementación sistemas de certificación -calificación.	Ventaja para el sector defensa de desarrollar capacidades en el área, proyecto o sector que puedan impactar las capacidades de los sectores seleccionados.	Es limitada, debido a la falta de recursos y a la dependencia constante de las grandes potencias como EE.UU y otras internas como la UAEAC.	% de elementos desarrollados con ventaja Esta/ Eltos Vent Op-est utilizados.	Cert-cal	Defensa- Aeroespacial
7	Fabricación de piezas	Dicese de tecnologías que puedan impactar necesidades de manera local de fabricación de piezas para defensa y	Actualmente la implementación es nula.	Piezas fabricadas Nal./Piezas compradas.	Fab-Piez	Defensa- Aeroespacial

## Cap. 4: Factores determinantes para el desarrollo tecnológico y la innovación en el sector defensa y aeroespacial colombiano como sectores para la transformación productiva

8	Soberanía Tecnológica	Trata de la autonomía, para uso y desarrollo de tecnologías críticas para el sector que garantizan ventajas que garantizan los intereses de la nación.	Actualmente la implementación es nula.	Número de proyectos creados y finalizados por los miembros de la fuerza en beneficios de los mismos y la población civil.	Sob-Tec	Defensa-Aeroespacial
9	Desarrollo de capacidades en 4IR	Ventaja de desarrollar capacidades de la cuarta revolución industrial aplicadas a l sector que provechen las posibilidades de la capacitada colombiana de ingeniería.	No se mide.	Impacto medido de 1 a 5 de la ventaja de este desarrollo.	Cap-4IR	Defensa-Aeroespacial
10	Ventaja económica del desarrollo	Estudio y balance monetario representado en los diferentes valores que pueden ahorrarse en capacidades necesarias y que tienen un efecto positivo en el sector a mediano plazo.	Se reciben ofertas a nivel mundial, las cuales en el mayor de los casos se limitan por la falta de presupuesto.	Valor en la adquisición de las tecnologías/ valor del presupuesto asignado.	Ven-Ec	Económico
11	Ventaja ambiental	Ventaja ambiental de los desarrollos realizados, por uso de nuevas tecnologías.	Se cumple con normatividad vigente.	Ponderación de 1 a 5 del ventaja ambiental del desarrollo.	Ven-Am	Ambiental
12	Desarrollo Aeroespacial	Nivel de beneficio estratégico para el país y las fuerzas, o ventaja del desarrollo para la defensa y el sector aeroespacial que pueda aportar al desarrollo industrial.	No se mide ya que el desarrollo en los sectores seleccionados es pequeño.	Ponderación de 1 a 5 del impacto del desarrollo en las capacidades.	Ven-Des	Económico
13	Posibilidad de comercialización y uso dual	Capacidad de llevar un producto generado al mercado, o transferirlo a la industria nacional.	Nulo	Número de proyectos comercializados-transferidos/No de proyectos creados*100.	Comer	Económico
14	Políticas institucionales de I+D+I en sector	Decisión escrita que se establece como una guía, para los miembros de una organización, sobre los límites dentro de los cuales pueden operar en desarrollo tecnológico en el área de defensa.	Están muy bien definidas dentro de los parámetros de legitimidad, legalidad y de orden constitucional	Existencia de una política que fomenté el desarrollo implementación y comercialización de productos de defensa generados en los sectores seleccionados.	Pol-Ins	Organizativa
15	Facilidades contractuales	Facilidades de contratación por ley de CyT, que permiten acceder a facilidades para el manejo de los procesos.	Implementación de proyectos en Ley CyT.	Número de contratos desarrollados en ley CyT/ No de contratos total*100	Cont-CyT	Legal
16	Estrategias Offset	Tiene como objeto propiciar un salto cualitativo tecnológico-Defensa gracias a compras en el sector defensa que obligan al proveedor a transferir tecnología al país comprador.	Las fuerzas cuentan con miles de crédito offset que no han sido aplicadas de manera eficiente ya que se ha buscado impactar áreas de capacitación.	Créditos offset utilizados para defensa estratégica/Total de créditos offset.	Offset	Económico-social
17	Capacidad de desarrollo nacional	Capacidades industriales, o en infraestructura tecnológica de un país o una comunidad para desarrollar el proyecto de acuerdo a la priorización, y oportunidades realistas, enfocado en la realización de un proyecto específico.	Se aplica mediante los diferentes programas y planes que adelantan las FFMM en las diferentes regiones donde se hace presencia de las mismas.	Cantidad de jornadas de apoyo realizadas/cantidad de jornadas de apoyo planeadas*100	Des-Nal	Industrial



Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia

18	Personal calificado para el sector.	Nivel de preparación en todos los niveles del personal, y su impacto en el desarrollo de la actividades de CyT para el sector.	Las fuerzas cuentan con personal capacitado en aéreas que no necesariamente explotan su capacidad.	Personas que trabajan en áreas que pueden generar retorno/ Porcentaje de personas capacitadas.	Per	Humano
19	Sistemas de fusión de datos ciberfísicos	Los de fusión de datos ciberfísicos, de forma general son desarrollos que basados en sensorica propia pueden integran datos en ambientes unificados para el proceso de toma de decisiones.	No se utiliza en los sectores seleccionados, ni siquiera se tiene su concepción clara.	No. de sistemas ciberfísicos en el sector/ No. de sistemas en el sector estratégica*100.	Sis-Ciber	Tecnológica
20	Desarrollo de sistemas de sensores.	Los sistemas de sensores o su adaptación a análisis de datos de los sectores estudiados son aquellos que permiten convertir variables físicas a datos digitales para ser procesados.	Se cuenta con estos elementos pero carecen de tecnología para desarrollar tecnologías que potencien los datos.	Número de sensores cuya información es explotada/ Número de Sensores.	IoT	Defensa
21	Desarrollo de Materiales	Capacidad de desarrollar e implementar materiales aeronáuticos y con propiedades para la defensa como protección, utilizadas en sistemas de transporte o afines.	Empleado en algunos vehículos de combate, con grandes falencias para la protección de los soldados.	Número de unidades blindadas ubicadas desarrolladas.	Mat.	Industrial
22	Desarrollo de capacidades Ciberdefensa/Ciber Seguridad	Ventaja de desarrollar capacidad para generar capacidades de defensa cibernética activas pasivas, proactivas, preventivas y reactivas para asegurar la información de los sectores.	Existe y evoluciona pero no es suficiente para evitar las posibles afectaciones que se pueden presentar.	Cantidad de aplicaciones de ciber probadas en entornos controlado.	CCI	Tecnológica

Fuente: elaboración propia.

## Matriz MID

Después de un análisis sobre la influencia que ejercían las variables entre ellas, se llegó a la siguiente matriz de ponderación de influencias directas con los siguientes pesos:

0: Sin influencia

1: Débil

2: Influencia moderada

3: Fuerte influencia

P: Influencias potenciales

Tabla 4  
Relación de pesos de la MID

	1 : IA	2 : PDI	3 : C3	4 : COMSEC	5 : Sim-TD	6 : Cert-Cal	7 : Fabri-Fiez	8 : Sob-Tec	9 : Cap-4IR	10 : Ven-Ec	11 : Ven-Am	12 : Aeroespaci	13 : Comer	14 : Pol-Ins	15 : Cont-CyT	16 : Offset	17 : Des-Nal	18 : Per	19 : Sis-Ober	20 : IoT	21 : Mat	22 : Oberseg	
1 : IA	0	3	P	2	3	2	2	3	3	3	1	2	2	3	3	P	2	2	P	P	1	3	
2 : PDI	3	0	1	1	1	2	2	1	1	2	1	3	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2	
3 : C3	2	1	0	2	2	3	3	3	1	3	1	3	P	2	2	1	3	2	2	2	1	P	
4 : COMSEC	2	1	2	0	1	2	2	2	3	2	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	P	
5 : Sim-TD	2	2	1	2	0	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	
6 : Cert-Cal	2	2	3	3	2	0	2	2	P	2	1	2	2	2	3	3	3	1	3	1	1	1	
7 : Fabri-Fiez	P	2	3	3	2	2	0	1	2	3	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	
8 : Sob-Tec	2	2	1	1	1	P	P	0	2	2	1	2	1	2	2	P	2	2	2	2	P	3	
9 : Cap-4IR	3	3	2	2	2	3	1	3	0	3	1	3	1	1	2	3	1	1	P	2	1	P	
10 : Ven-Ec	3	2	2	1	3	P	3	1	2	0	1	P	P	1	1	P	3	2	2	1	1	3	
11 : Ven-Am	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	
12 : Aeroespaci	2	2	3	2	2	P	P	P	P	3	P	0	3	P	2	P	3	3	P	P	1	2	
13 : Comer	2	2	1	1	2	2	P	2	2	1	1	2	0	2	3	1	2	2	1	2	1	1	
14 : Pol-Ins	2	1	2	2	2	3	3	2	3	1	3	2	3	0	3	3	3	3	1	1	1	2	
15 : Cont-CyT	1	1	2	2	2	2	2	1	1	3	1	3	P	2	0	P	1	1	1	1	1	1	
16 : Offset	2	1	2	P	2	3	3	P	1	P	1	P	2	1	0	2	2	2	2	P	1	1	
17 : Des-Nal	2	2	2	2	3	3	3	3	1	2	P	P	2	P	2	2	1	0	2	1	2	1	3
18 : Per	2	2	3	1	2	P	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	P	0	2	2	1	1	
19 : Sis-Ober	P	P	P	2	1	1	2	1	1	1	1	P	1	1	1	1	1	1	0	P	1	2	
20 : IoT	P	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	1	1	2	2	2	0	2	2	
21 : Mat	2	1	1	1	1	1	1	1	1	P	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	0	1	
22 : Oberseg	P	P	2	P	2	1	1	3	3	P	1	3	2	3	1	P	2	1	1	2	1	0	

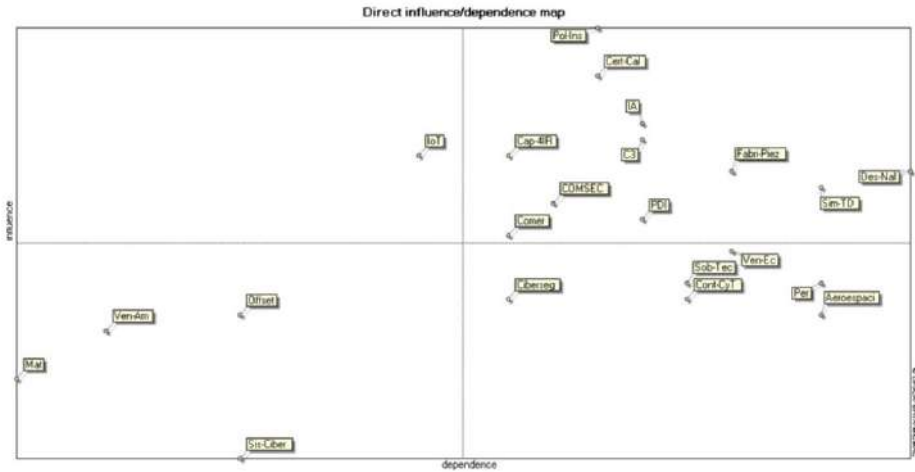
© UPSOR-ERTA-MICMAC

Fuente: elaboración propia.

### Plano Directo

Finalizado el análisis y posterior a introducir los valores en MICMAC, se ejecutó el programa y se obtuvo el siguiente plano cartesiano, que describe el plano directo de la graficación de la MDI. En este plano se pretende de acuerdo con la movilidad y dependencia de cada variable determinar cuáles factores se encuentran en las zonas INFLUENCIA, ENTORNO, AUTONOMÍA y DOMINIO, como se observa en el Figura 1.

Figura 1  
Gráfico de relación directa de las variables



Fuente: elaboración propia.

Como se observa, las variables están distribuidas en los diferentes cuadrantes, sin embargo, parte del objetivo de este trabajo es desarrollar un análisis del gráfico de influencia directa para determinar el área de conflicto y de esta cuáles serán las variables críticas. Para esto es necesario primero tener claro el comportamiento de las variables en cada cuadrante y sobre todo en el área de conflicto, como se observa en el gráfico.

Con respecto al análisis podemos decir que las siguientes variables se ubicaron en cada cuadrante, resaltando que en el cuadrante de poder no quedaron variables de acuerdo con la ponderación de los expertos.

### Cuadrante de Enlace o zona de conflicto

**Variables:** Seguridad en las comunicaciones, capacidad de comercialización, Capacidad de procesamiento de imágenes, capacidades de fabricación de piezas, capacidades en inteligencia artificial, capacidades en certificación, Simulación, Comando control y comunicaciones, desarrollo nacional.

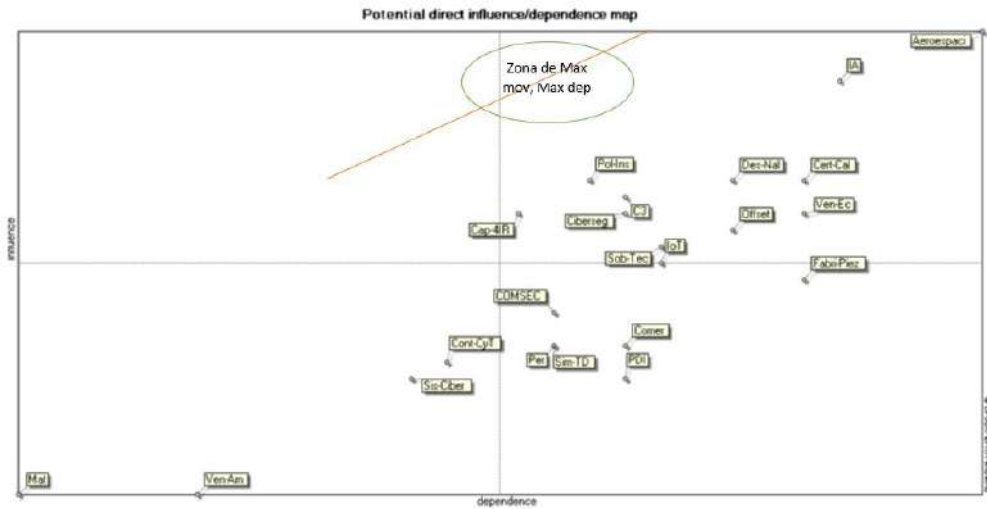




indirecta, se traza nuevamente la bisectriz para establecer con base en el desplazamiento de las variables cuales son aquellas con mayor proyección. Estos gráficos se muestran en la Figura 3.

### Figura 3

Gráfico de relación indirecta de las variables



Fuente: elaboración propia.

### Selección Las 6 Variables Clave

Con base en los gráficos anteriores, es decir, el gráfico de influencia directa y el de influencia indirecta se crea el gráfico de desplazamiento. En este es más fácil observar el comportamiento de las variables y se determina la zona de enlaces, en la cual la dependencia es suficientemente fuerte para determinar las principales variables que deben ser abordadas si se desea desarrollar capacidades orientadas al fortalecimiento de los sectores discutidos y a la generación de capacidades estratégicas en el país. Según el estudio, si se logran cambios en estas variables gracias a su influencia, dependencia y movilidad se pueden tener efectos para generar una transformación en el sector, debido a su impacto estratégico.

Para determinar las variables críticas se debe entonces trazar una bisectriz en este cuadrante y escoger aquellas de mejor distancia absoluta a esta línea. Aunque es difícil determinar las variables en este gráfico, ya que todas las variables de este cuadrante revisten de gran importancia, se realizó un análisis de las capacidades nacionales, costos de transferencia, capacidades de las universidades y de las empresas para determinar las relaciones de influencia indirecta y se seleccionan como variables clave: capacidades de la cuarta generación industrial, políticas institucionales en el área, ciberseguridad, comando control y comunicaciones, desarrollo aeroespacial, y capacidades de inteligencia artificial.

## Análisis

Son muchas las variables que están en la zona de conflicto consideradas de gran importancia por parte del equipo de expertos, sin embargo, para la selección de variables se tuvieron en cuenta aspectos como alta dependencia o movilidad.

Variables tan importantes como inteligencia artificial para el trabajo, y su integración con tecnologías de la cuarta generación industrial, podrían transformar la industria nacional en el sector defensa y aeroespacial, ya que son muchos los productos derivados de estas, que podrían impactar las capacidades nacionales desde la tetra hélice con impactos en el corto y mediano plazo hacia comercialización e industrialización de estas.

Tecnologías derivadas de la observación de la tierra que emplean la gran base de datos de imágenes aéreas y satelitales existentes integradas con sistemas de inteligencia artificial, podrían además de mejorar algoritmos para llegar a ser exportados y en un futuro mejorar los sistemas y planeación de catastro a nivel nacional, protección del medio ambiente, lucha contra la minería ilegal, lucha contra cultivos ilícitos entre otros, análisis meteorológicos, sistemas de análisis de medio ambiente para medición de contaminación, entre otros. En esta área el desarrollo espacial también estaría potenciado por el liderazgo de la fuerza en el sector y aprovechando la capacidad del FACSAT2, y las nuevas políticas públicas en el sector.

Otro aspecto que va de la mano con lo anterior son las tecnologías de comando, control y comunicaciones, o en el sector civil el área de

administración del espacio aéreo, áreas en las que ya se cuentan con desarrollo importantes e intenciones de países centroamericanos para su comercialización, lo cual podría llegar a ser calificado y certificado para su uso dual, y permitirá el desarrollo de estos mercados en América latina y en el país. Todos estos desarrollos son orientados al dominio digital por lo que la ciberseguridad a través de la combinación de inteligencia artificial y tecnologías operacionales podrían revolucionar las operaciones, economizando gran cantidad de recurso y nuevamente con aplicaciones al sector aeroespacial, y de seguridad digital de vital importancia para el país.

Si además de estos desarrollos técnicos desde las políticas y reglamentaciones se impulsa la comercialización, se impacta el desarrollo nacional, pero para esto es necesario mejorar las políticas internas, en estos sectores que busquen el fortalecimiento de la industrialización y el desarrollo armónico y cooperativo de iniciativas entre la triple hélice y no como hasta ahora en una competencia que destruye iniciativas privadas o estatales por la falta de punto de trabajo mutuo y políticas que respalden esos desarrollos de manera eficiente y eficaz.

Todo esto, afectara positivamente los sectores creando un ciclo virtuoso que impulsará nuevas políticas que jalonaran todo el sistema y generaran más recursos para el desarrollo.

Otras variables importantes que a futuro deben ser consideradas como la ventaja estratégica en el desarrollo y el personal, podrían llegar a ser abordadas desde las políticas que generan mejores condiciones para el sector, ambas fuertemente relacionadas como se ven el grafico de grafos.

Para impactar la familia tecnológica quedaron variables que serán el eje de primera línea, y para impactar el sistema, las mencionadas de 4IR, áreas de C3, ciberdefensa e inteligencia artificial. Estas líneas son transversales a todos los sectores, por lo cual impactos en desarrollos repercutirán en la competitividad y productividad de los sectores, esto a su vez en las políticas institucionales y personales, y con estas variables el grupo de expertos opina que se puede llegar a transformar todo el sistema.

Como se analizó en el estado del arte estas áreas, son de posible desarrollo en el país con lo cual además se podría impulsar la economía lo que sería un efecto de realimentación positiva externa para el sistema, lo que proporciona congruencia para el eje del trabajo de prospectiva tecnológica.

## Conclusiones

A partir de lo anterior se puede concluir que es posible el desarrollo de una estrategia, realista orientada a transformar el sector defensa y aeroespacial en pilar del desarrollo nacional. Para esto se parte del apoyo desde las políticas públicas que han tenido las tecnologías de inteligencia artificial, las tecnologías de la cuarta revolución industrial, las políticas de ciencia y tecnología, las políticas OFFSET y la propiedad intelectual como base de la generación de riqueza y capacidad comercial.

La estrategia debería reconocer que en el país existen capacidades reales en estos campos, además de que también como se muestra en este trabajo existen iniciativas privadas en el sector defensa y aeroespacial orientados a los sectores específicos. SI se parte desde esta realidad del país es posible desarrollar una serie de planes que potencian desde el desarrollo en el sector defensa y seguridad desarrollos que potencien el sector aeroespacial.

También se puede concluir que se deben fortalecer las políticas públicas para fortalecer y generar puentes que permitan integrar a través de procesos de innovación la capacidad de desarrollos que tienen los sectores, con la industria local y con las necesidades desde consumo de las empresas públicas y privadas del país, para esto se deben fortalecer los mecanismos legales de contratación en los procesos de innovación y además flexibilizar el manejo de la propiedad intelectual al interior del Ministerio de Defensa con el fin de apoyar directamente la industria nacional y poder generar a futuro regalías que puedan reinvertirse en la sociedad y en la solución de problemas de los sectores.

Para esto con base en los análisis de los expertos es necesario la creación y fortalecimiento de proceso de innovación orientados a mercados externo o internos ya que en ambos sectores no se cuentan con planes de innovación ni experiencia para desarrollarlos. Estos planes deberán estar orientados a satisfacer necesidades propias de los sectores y consolidarse como futuros exportadores de estas tecnologías.

Colombia es un país geopolíticamente privilegiado, bioceánico, con proyección Antártida y con espacio sobre el ecuador. Con una política de defensa orientada al respeto de las normas internacionales y las relaciones basadas en el respeto a la autodeterminación de los pueblos, pero con unas

condiciones internas amenazadas por factores desestabilizadores como las organizaciones narcoterroristas. Geográficamente, es un país de regiones que han sido interconectadas principalmente a través del espacio aéreo y marítimo-fluvial. Por estos motivos el sector defensa ha tenido que responder de manera contundente frente a las amenazas internas para lo cual ha tenido que modernizarse y presenta una gran oportunidad para apalancar el desarrollo nacional. Dentro de este trabajo la Fuerza Aérea Colombiana como se ha evidenciado a tenido un papel multidimensional, primero como responsable del control del espacio aéreo colombiano y la seguridad nacional, segundo interconectando los territorios a través de Satena y tercero como pionera en el desarrollo tecnológico aeroespacial del país, para lo cual de la mano de las universidades y de la industria nacional se crea una gran posibilidad que a través de los factores analizados permita incubar estos sectores y ser diferenciadores para el desarrollo nacional.

Se deberán continuar desarrollos que permitan definir escenarios de futuro para que de acuerdo a la visión nacional de los sectores estos puedan desarrollarse de manera armónica con los planes nacionales y permitan fomentar el desarrollo sostenible del país en los sectores objeto de este estudio.

## Referencias

- Aramayo, P. A. (2019). Implementación del Offset en la industria de Defensa, caso aeronáutico – Actualización de Sistemas de gestión aeronáutica y específicos (AS9100 - NAS - NADCAP). 6, 23–37.
- Bergamini, R. L. (2021). Avaliação do Nível de Maturidade de Tecnologia (TRL) nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) com o modelo adaptado da AFRL – Air Force Research Laboratory. Revista de Administração de Roraima - RARR, 10. <https://doi.org/10.18227/2237-8057rarr.v10i0.5738>.
- BID. (2010). Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe. 116.
- Burke, B., Cearley, D., Litan, A., Groombridge, D., y Mahdi, D. (2020). Top 10 Strategic Technology Trends for 2020: Practical Blockchain. Gartner, 1–13.

- CEA - Centro de Estudios Aeronáuticos (2020). Marco nacional de cualificaciones sector aeronáutico – aviación civil contextualización del sector. Aeronáutica Civil.
- CIAC. (n.d.). CIAC S.A. <https://www.ciac.gov.co/institucional/historia/>. Retrieved August 3, 2022, from <https://www.ciac.gov.co/institucional/historia/>.
- Congreso. (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”. 300.
- CONPES 3522. (2008). Lineamientos de Política de Cooperación Industrial y Social - Offset.
- CONPES 3975 (2019). Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial, Consejo Nacional de Política Económica y Social - República de Colombia 115. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3975.pdf>.
- CONPES 4069. (2021). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031
- CONPES 4062. (2022). Política Nacional de Propiedad Intelectual.
- Corredor-Gutiérrez, C. G. (2017). Diseño de un marco y hoja de ruta que permita formular la política espacial de Colombia, para promover el desarrollo tecnológico, económico y social del país. En Universidad de La Sabana.
- COTECMAR. (s.f.). <https://www.cotecmar.com/ciencia-y-tecnologia>. <https://www.cotecmar.com/ciencia-y-tecnologia>.
- Cuellar, Á. A. (2018). El grupo social y empresarial de la defensa Gsed cambia su estrategia. Revista Semana. <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/fuerzas-armadas-marcha-hacia-la-paz/articulo/el-grupo-social-y-empresarial-de-la-defensa-cambia-su-estrategia/574826>.
- David, E., y García, C. (2020). Operacionales y representaciones del segmento espacial, caso FACSAT y EMFF. 15, 143–165.
- Developments, S. (2015). Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China 2015. Department of Defense.

- Donatas Palavenis. (2020). Israel defense industry, what we can learn from it ? Strategy and Foreign Policy Approaches in a Context of Multipolar Tensions, 105. <https://ecpr.eu/Events/Event/PaperDetails/55294>.
- FAC. (2018). Modelo de Investigación Del Sistema Educativo De La Fuerza Aérea colombiana (SEGUNDA ED, Vol. 11).
- Ferreira, C. V., Biesek, F. L., y Scalice, R. K. (2021). Product innovation management model based on manufacturing readiness level (MRL), design for manufacturing and assembly (DFMA) and technology readiness level (TRL). *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 43(7), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s40430-021-03080-8>.
- Florez, J. (2021). Towards a competitive ST system in the defense sector. *Ingeniería Solidaria*, 17(2), 1-28. <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2021.02.06>.
- García Mesa, J. A. (2021). Diseño de un centro de servicios compartidos para las entidades del viceministerio del grupo social y empresarial del sector defensa “gsed.” Universidad militar nueva granada.
- Gaviria Gómez. (2017). DNP le apuesta a una política de desarrollo productivo del sector aeronáutico colombiano. Dnp. Gov. Co. <https://www.dnp.gov.co/Paginas/DNP-le-apuesta-a-una-política-de-desarrollo-productivo-del-sector-aeronáutico-colombiano.aspx>.
- Gutiérrez, I. D. R. (2012). Los offsets del sector defensa como instrumento de política para el fomento de la innovación tecnológica en Colombia. Un análisis desde la experiencia internacional, caso España y Chile. Universidad Tecnológica de Bolívar.
- Indumil. (2020). Plan Estratégico 2019 - 2022 y Plan de Acción.
- Jiménez-Navia, B., Villa-Enciso, E. M., y Bermúdez-Hernández, J. (2020). La gestión de la tecnología y la innovación en el sector defensa: resultados desde un análisis bibliométrico. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 5821(59), 45-70. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n59a4>.
- Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, 65(9-10), 1216-1223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>.



Mazzucato, M. (2015). The Entrepreneurial State.

Minciencias. (s.f.). <https://colombiaesciencia.minciencias.gov.co>. Retrieved August 3, 2022, from <https://colombiaesciencia.minciencias.gov.co/content/la-fuerza-aérea-colombiana-fortalece-su-sistema-de-ciencia-tecnología-e-innovación>.

MinTIC. (2019). Misión internacional de sabios para el avance de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: Un sistema para construir el conocimiento del futuro. In Misión de Sabios - Colombia 2019.

Minciencias. (s.f.). Colciencias se acerca al Sector Defensa | Colciencias. Retrieved August 30, 2020, from <https://legadoweb.minciencias.gov.co/noticias/colciencias-se-acerca-al-sector-defensa>.

MinDefensa. (2019). Sector Defensa | Armada Nacional.

MinDefensa. (2019). Mindefensa destaca aportes del GSED a la economía del país. <https://www.cgfm.mil.co/es/blog/mindefensa-destaca-aportes-del-gsed-la-economia-del-pais>.

MinTIC. (2020). Programa Nacional en Seguridad y Defensa | Minciencias. <https://minciencias.gov.co/node/1130>.

MinTIC. (2019). CONPES de transformación digital promoverá la competitividad del país y la eficiencia del sector público. <https://Mintic.Gov.Co/Portal/Inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/107147:CONPES-de-Transformacion-Digital-Promovera-La-Competitividad-Del-Pais-y-La-Eficiencia-Del-Sector-Publico>. <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/107147:CONPES-de-transformacion-digital-promovera-la-competitividad-del-pais-y-la-eficiencia-del-sector-publico>.

Miranda Redondo, R. (2012). Los offset del sector defensa a como instrumento de política para el fomento de la innovación tecnológica en los sectores productivos: un análisis desde la experiencia internacional casos de estudio: Brasil l e Inglaterra. In Tesis de Maestría. Universidad Tecnológica de Bolívar.

Montes, J. A. (2008). Las Fuerzas Militares de Colombia y la Industria de Defensa del país. Tecnología Militar. <http://web.b.ebscohost.com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/pdfviewer/>

pdfviewer?vid=1&sid=b98d5eef-ec7e-4341-bf0d-ec89774ff346 %40pdc-  
v-sessmgr05

- Morante Granobles, F. D., y López Martínez, W. (2018). Análisis de modelos de clústeres aeroespaciales más representativos a nivel mundial y su incidencia para el desarrollo del clúster aeroespacial del valle del cauca. *Ciencia y Poder Aéreo*, 114-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.591>.
- Neira, G. A. G. (2018). Análisis de la estructura de gobierno corporativo de las empresas del gsed frente a los lineamientos de mejores prácticas emitidos por ocde y caf. *Revista muro de la investigación*, 2(1), 1-42. <https://doi.org/10.17162/Rmi.V2i1.763>.
- OCDE. (2015). *Estudios Económicos de la OCDE. Microscopy and Microanalysis*, 18(S2), 48.
- Ospina, F. A. S. (2015). Propuesta de diseño de un bróker tecnológico de conocimiento que fortalezca la industria aeroespacial en Antioquia. En *Universidad Pontificia Bolivariana* (vol. 3, Issue 2). Universidad pontificia bolivariana.
- Para, D., y Mejor, U. N. A. (2020). *Perspectivas económicas de América Latina 2020*.
- Perry, H. W. J. (2018). *Iniciativa de Visión Estratégica* :
- Pineda Márquez, K., Morales Rubiano, M. E., y Ortiz Riaga, M. C. (2011). Modelos y mecanismos de interacción Universidad-Empresa-Estado: retos para las universidades colombianas. *Equidad y Desarrollo*, 15, 41-67. <https://doi.org/10.19052/ED.193>.
- Portilla Barbosa, J. G., y Murcia Piñeros, J. O. (2021). Evolución orbital del satélite FACSAT-1 y estimación de su tiempo de reentrada. *Ciencia y Poder Aéreo*, 16(1), 6-17. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.694>.
- Rodríguez-Gutiérrez, I. D. (2012). Los offsets del sector defensa como instrumento de política para el fomento de la innovación tecnológica en Colombia. Un análisis desde la experiencia internacional, caso España y Chile. *Universidad Tecnológica de Bolívar*.
- Rodríguez-Gutiérrez, I. D., Amar-Sepúlveda, P., y Miranda-Redondo, R. J. (2017). *Fomento de la innovación tecnológica en Colombia: Un análisis*

desde la experiencia internacional de los Offsets del sector defensa. *Espacios*, 38(51).

- Ruiz, X., Escáñez, F. J. V., Trabajo, D. De, y No, O. (2019). Seguridad y Defensa en América del Sur : de los Libros Blancos de la Defensa a la Cooperación Regional.
- Ruttan, V.W. (2006). "Is War Necessary for Economic Growth? Military Procurement and Technology Development," *Staff Papers* 13534, University of Minnesota, Department of Applied Economics.
- Sausser, B., Verma, D., Ramirez-Marquez, J., y Gove, R. (2006). From TRL to SRL: The concept of systems readiness levels. Conference on Systems Engineering Research, Los Angeles, CA, 1–10. <http://www.boardmansausser.com/downloads/2005SausserRamirezVermaGoveCSER.pdf>.
- Schildorfer, W., Aigner, W., y Hasenauer, R. (2017). TRL and MRL of C-ITS as lessons learnt from the Austrian C-ITS Corridor ECo-AT. September 2018, 0–12. <https://www.researchgate.net/publication/313063121%0ATRL>.
- Spanish Institute for Strategic Studies, I. (2011). Strategic Dossier. 154-B.
- Tlapanco Rios, E. I. y Castaño Urrego, C. A. (2022). Gestión de la Madurez Tecnológica Nivel 1 (TRL 1); Estrategia de Gestión de la Innovación de Producto en Procesos de Diseño Mecánico. *Revista Politécnica*, 49(1), 7–18. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n1.01>.
- Trabajo, C. D. E. (2020). Cuaderno de trabajo n° 7-2020 Ciencia, tecnología e innovación en la defensa : los casos de Brasil y México (2007-2020).
- Velázquez-Juárez, J. A., Valencia-Pérez, L. R., y Peña-Aguilar, J. M. (2016). El papel del modelo de la triple hélice como sistema de innovación para aumentar la rentabilidad en una Pyme comercializadora. *Revista CEA*, 2(3), 101. <https://doi.org/10.22430/24223182.268>.
- Wegener, H. (2000). Hacia una industria europea de defensa. *Estudios de Política Exterior*, 14(74), 57–63.

Yuan, C., Liu, S., Yang, Y., y Shen, Y. (2014). On the contribution of defense innovation to China's economic growth. *Defence and Peace Economics*, 27(6), 820–837. <https://doi.org/10.1080/10242694.2014.901644>.

# Capítulo 5.

## Propuesta de Proceso de Educación mediante Modelo Inclusivo Híbrido

*Dr. Héctor Fernando Valencia Pérez*  
<https://orcid.org/0000-0002-8401-5300>  
[vaphqro@hotmail.com](mailto:vaphqro@hotmail.com)

*Dr. Luis Rodrigo Valencia Pérez*  
<https://orcid.org/0000-0002-1590-5000>  
[valper@uaq.mx](mailto:valper@uaq.mx)

*Dr. Ricardo Ortíz Ayala*  
<https://orcid.org/0000-0002-3419-0928>  
[roauaq@gmail.com](mailto:roauaq@gmail.com)

Universidad Autónoma de Querétaro, México.

*Cita este capítulo:*

Valencia Pérez, H. F.; Valencia Pérez, L. R. y Ortíz Ayala, R. (2022). Propuesta de Proceso de Educación mediante Modelo Inclusivo Híbrido. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroño, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 111-147). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Resumen

En este artículo se visualiza la importancia de entender el entorno académico actual y el nuevo propiciado por cambios radicales en la manera de enseñanza aprendizaje en el sector aeroespacial, causada por la pandemia mundial Sars-Cov2, y se propone una estrategia para la absorción, asimilación y adopción de tecnologías y el modelo híbrido de enseñanza, con la finalidad de por un lado, solventar los requerimientos en la educación que hoy exige un cambio radical y por otro en nuevas tecnologías viables que se puedan usar con lo mínimo indispensable desde instituciones primarias hasta de educación superior referente a la educación aeroespacial, dando lugar a que la participación de las instituciones, docentes, personal de servicio y alumnos pueden contribuir a dicha asimilación. Se destaca lo que se está haciendo en la División de Posgrados e Investigación de la Universidad Autónoma de Querétaro, en donde se está trabajando con 9 programas de maestría y doctorados con la finalidad que en 2 años 8 meses en 3 fases, vayan siendo liberados para incrementar la oferta académica a nivel mundial. Dentro del escrito se define la estrategia a seguir y las diferentes variables a ser seguidas y controladas, destacando el detalle de los 6 cursos de capacitación dados a los docentes para el entendimiento de plataformas e-Learning y la manera de involucrar al 100 % de los profesores con el proyecto, además de que en la parte final del escrito se señala una relación de aplicaciones de apoyo para que dentro del diseño instruccional, quede plasmado el conocimiento y la transferencia de este por parte de docentes hacia la institución.

**Palabras clave:** Educación aeroespacial, Modalidad híbrida, e-Learning, Desarrollo del aprendizaje.

## Introducción

### Hacia dónde va la educación en el siglo XXI

México, al igual que el resto de los países del contexto internacional vive un proceso de globalización, donde una de las características entre otras, es el rompimiento de fronteras para ciertos productos y servicios, de entre ellos el conocimiento, la comunicación, la transferencia de recursos financieros

y el establecimiento de empresas de capital foráneo. Esta globalización que en palabras de Immanuel Wallerstein constituyen un sistema-mundo ha evidenciado la necesidad de estar en continua evolución y adaptación a las diferentes tendencias que tanto la sociedad, como el mercado exigen.

De acuerdo a Salmi (2014) la globalización constituye un primer reto que debemos contemplar en la educación del siglo XXI, ya que lo que sucede en un país afecta a otros, es la continua fluidez de capitales, tecnología, e información que rebasan las fronteras nacionales, creándose mercados mundiales, cada vez más ligados, continúa diciendo que el conocimiento es otra tendencia a considerar ya que “El desarrollo económico está cada vez más ligado a la habilidad de adquirir y aplicar conocimiento técnicos y socioeconómicos, y el proceso de la globalización está acelerando esta tendencia” (p. 9) y finalmente se refiere a la continua revolución en el ámbito de la información y comunicación como herramientas digitales para beneficio del ser humano.

En este sentido la Organización de las Naciones Unidas, en su 70 Asamblea General, realizada en septiembre de 2015 y con 193 jefes de Estado y de Gobierno, consensuaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, donde se reconoce que el mayor desafío de la humanidad es la erradicación de la pobreza en el mundo, y que esto es base para el desarrollo sostenible. Se establecieron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Si bien, estos objetivos fueron acordados por los gobiernos de los países involucrados, entre ellos México, el logro de los mismos “depende en gran medida de la acción y de la colaboración de todos los actores” (Pacto Global, p. 1). Los actores son los gobiernos a nivel mundial y en lo individual, la sociedad civil, las instituciones de educación y las empresas. El ODS 4, Educación 2030 pretende garantizar una educación inclusiva, una educación equitativa y de calidad y promover las oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

## Educación inclusiva

Dentro de los ODS para el 2030 el número 4 se refiere a una educación de calidad, ya que esta es la base por medio de la cual se puede mejorar la vida de las personas, pues permite una movilidad social y un cambio de conducta para buscar sociedades en paz, además de permitir un desarrollo sostenible, pues la educación permite la adquisición de valores, capacidades,

habilidades y destrezas para la solución de diversas problemáticas que la vida nos va generando, promoviendo las competencias necesarias, técnicas y profesionales, que permitan la obtención de empleos y/o el desarrollo de emprendimiento. El permitir que los niños y niñas puedan acceder a los distintos niveles educativos desde preescolar hasta niveles superiores de educación bajo los mismos criterios para los distintos géneros, creando igualdad de oportunidades.

Las metas del objetivo 4, de acuerdo a la Agenda 2030 (p. 27, 28, 29 y 30) son:

- Que los niños y niñas terminen la enseñanza primaria y secundaria, gratuita, equitativa y de calidad, con resultados de enseñanza pertinentes y efectivos.
- Que niños y niñas tengan la oportunidad de acceder a servicios de educación preescolar de calidad.
- Acceso igualitario de todos los hombres y mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluyendo la enseñanza universitaria.
- Aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos a las competencias técnicas y profesionales, para acceder a empleos, el trabajo decente y el emprendimiento.
- Eliminar disparidades de género, discriminación a de personas con discapacidad, pueblos indígenas, niños en situaciones de vulnerabilidad, para asegurar el acceso igualitario de todos a todos los niveles de la enseñanza y formación profesional.
- Asegurar que todos los jóvenes y una proporción considerable de adultos (hombres y mujeres), estén alfabetizados y tengan nociones elementales de aritmética.
- Asegurar que los alumnos adquieran conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible. Todo esto a través de la construcción e instalaciones educativas adecuadas a las necesidades de los niños y personas con discapacidades y las diferencias de género, que permitan entornos de aprendizaje seguros, no violentos, inclusivos y eficaces.



## Revisión de la literatura

La educación inclusiva implica igualdad de oportunidades para todos, la no discriminación hacia un sector o sectores determinados de la sociedad, ya sean discapacitados, mujeres, indígenas, pobres u otros, además de considerar a la sociedad, a los padres de familia y a los alumnos en la planeación de los currículos académicos.

Dueñas (2010) nos refiere el siguiente marco de autores que han abordado el concepto de inclusión (ver Tabla 1).

Tabla 1

*Adaptación de las aproximaciones al significado de Educación Inclusiva de Dueñas (p. 361, 362 y 363)*

Autor	Concepto de inclusión
Serra (2000)	“Aceptación implícita de la diversidad, como variable positiva y enriquecedora del grupo que crea sus propias relaciones dentro de un entorno multidimensional”.
Ainscow et al. (2006)	“Proceso de mejora sistemático que deben afrontar las administraciones educativas y los centros escolares para intentar eliminar las barreras de distinto tipo que limitan la presencia, el aprendizaje y la participación del alumno en la vida de los centros en que están escolarizados”.
Lipsky y Gartner (1999)	“La provisión a los alumnos incluyendo a aquellos con dificultades, en la escuela de su barrio, en clases generalmente apropiadas, de los servicios de apoyo y las ayudas complementarias para el alumno y el profesor, necesarias para asegurar el éxito del alumno en los aspectos académicos, conductuales y sociales, con el objetivo de preparar al alumno para que participe como miembro de pleno derecho y contribuya a la sociedad en la que está inmerso”.
Booth y Ainscow (1998)	“El proceso de aumentar la participación de los alumnos en el currículum en las comunidades escolares y en la cultura, a la vez que se reduce su exclusión en las mismas”.
Farrel (2001)	“Grado en que una comunidad o una escuela acepta a todos como miembros de pleno derecho del grupo y les valora por sus contribuciones, enfatizando así el derecho que toda persona tiene a participar en la sociedad”.
Mittler (2000)	“Derecho humano en el sentido que es un derecho básico de todos los alumnos, incluidos los que tienen necesidades especiales para ser escolarizados en la escuela del contexto en el que viven”.

Autor	Concepto de inclusión
Stainback y Stainback	“Proceso por el que todos los niños sin distinción tienen la oportunidad de ser miembros de las clases ordinarias para aprender con los compañeros y enfatizar la inclusión como proceso de construcción de comunidad”.
National Center on Educational Restructuring and Inclusión de USA (1994)	“La provisión a todos los estudiantes, incluyendo los que tienen discapacidades importantes, de igualdad de oportunidades para recibir servicios educativos efectivos con las ayudas complementarias y los servicios de apoyo que sean necesarios, en clases adecuadas a su edad y en las escuelas de su barrio, con el fin de prepararlos para una vida como miembros plenos de la sociedad”.

Fuente: elaboración propia.

## El modelo académico de la UAQ y el Plan de Gran Visión 2015-2045

La Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) tiene un Modelo Educativo Universitario (MEU) que guía el quehacer académico de los alumnos, profesores y personal administrativo. Este modelo gira en torno al estudiante con tres componentes, el primero son Principios y Valores, un segundo componente de Enfoque Psicopedagógico y finalmente, Innovación Educativa. El componente de Principios y Valores está sustentado en tres principios y valores generales, el primero es “Humanista”, refiriéndose a la formación integral del ser humano como eje central de los procesos educativos; el segundo es “Compromiso social” la formación de profesionales conscientes, críticos y sensibles a las diversas problemáticas de nuestro mundo, sus desigualdades, crecimiento y cambios, y el tercero es, “Sustentable”, en el sentido de reconocer el medio ambiente como un espacio físico que debe preservarse hoy y para el futuro.

El MEU contempla un “Enfoque Psicopedagógico” a manera de guía sistemática para llevar a cabo el trabajo curricular, las posturas del currículum, la práctica de enseñanza-aprendizaje y la evaluación. Las características del componente del Enfoque Pedagógico son: Centrado en el aprendizaje, el estudiante debe aprender a resolver problemas en situaciones complejas o no, utilizando todos sus recursos, tanto cognitivos, volitivos, metodológicos, sus valores y recursos éticos, construyendo el conocimiento desde el constructivismo y adquiriendo una serie de

competencias; segundo, desde el aprendizaje significativo, que no sea el modelo tradicional de repetición de contenidos, que el conocimiento tenga contextos y problematizaciones de lo que sucede alrededor del alumno, no solo conocimientos profesionales requeridos, también saberes instrumentales o técnicos, afectivos, sociales y éticos en contexto. Tercero, con flexibilidad curricular, lo que implica la incorporación de modalidades presenciales y no presenciales, troncos comunes, áreas del conocimiento, módulos, sistemas de créditos, asignaturas obligatorias y optativas, movilidad estudiantil y docente y un sistema de tutorías y, cuarto una característica Multi-inter-transdisciplinario, es decir, el conocimiento debe verse desde un enfoque de complejidad donde las diversas disciplinas trabajen en conjunto, que los diferentes saberes sepan dialogar para la comprensión de las realidades contemporáneas.

Finalmente, el componente de Innovación Educativa, que contempla el utilizar y desarrollar las nuevas modalidades de enseñanza, tener planes de estudio actualizados, el uso de tecnologías de información y comunicación en el proceso enseñanza-aprendizaje, donde específicamente se señala el poder brindar la atención sin que las barreras espacio geográficas sean una limitante y finalmente, la vinculación social. La UAQ en su Plan de Gran Visión 2015-2045 tiene como líneas de orientación (p. 6) a largo plazo el acceso a la educación para todos, la inclusión e igualdad, equidad de género, calidad en la educación y oportunidades permanentes, y dentro de las políticas de operatividad se prevé la número 7 (p. 29) que se refiere a “Redefinir y operar un modelo educativo humanista, innovador, flexible, y pluridisciplinario con calidad”, además de la política número 11 (p. 33) “Considerar a la innovación educativa como la generadora de cambios y adaptaciones a las condiciones del futuro”.

## Educación remota

Una de las ideas de la educación inclusiva es que sea para todos, sin distinciones de género, nivel social, discapacidades u otras características del ser humano, al contrario, un sueño utópico en México es generar “una sociedad más justa, equitativa, innovadora y una democracia funcional” (Campos s/p). Una de las alternativas para llevar la educación a las personas es la educación a través del uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que pueden ofrecerse a través de distintas modalidades, ya sea vía remota, a distancia, de manera virtual, en línea, híbrida, b-learning o e-learning.

Cada una de ellas tienen sus propias características y a menudo se confunden o se usa la denominación de manera indistinta. Para Campos, una manera de reconstruir la educación superior debe estar basada, entre otros puntos en reorganizar las facultades de las universidades simplificando la estructura interna para un mejor aprovechamiento de los presupuestos, tener una universidad activa todo el año, para poder aprovechar más los tiempos de las instalaciones, pasar de semestres a cuatrimestres u otra parcialización de los tiempos y el incremento de la educación a través del uso de nuevas tecnologías, el uso de modalidades híbridas.

Es importante conceptualizar las diferentes formas de educar a través del uso de las TIC, ya que cada una de ellas tiene sus propias características. La primera de ellas es la educación remota, que se volvió una necesidad apremiante a raíz de la pandemia del Covid-19 y que vino a solventar la necesidad de continuar con las clases para las universidades. Para Pachón (s/p) la educación remota sencillamente es “la adaptación de los sistemas educativos presenciales...se basa en dar a los docentes un papel de supervisor y autoridad...se establecen tiempos de conexión, se parametriza un sistema de calificaciones estricto y se dejan un sin número de trabajos”.

Para Ibañez, la educación remota “es trasladar los cursos que se habían estado impartiendo presencialmente a un aula remota, virtual, a distancia o en línea”. Para Díaz (s/p) “la tecnología apoya los procesos formativos, reemplazando las clases presenciales por sesiones sincrónicas en línea y utilizando repositorios, plataformas y recursos digitales para lograr la continuidad educativa de los estudiantes”. Latam (s/p) nos explica que la educación remota es un combinado entre lo presencial y lo virtual “se asigna a los alumnos diversos trabajos en físico, los cuales son evaluados de forma electrónica...el profesor cumple el papel de supervisor y orientador”.

Campos (s/p) conceptualiza la educación virtual en “el uso de avances tecnológicos. Dentro de ella, todo proceso de aprendizaje es colaborativo, permitiendo que, tanto docentes como estudiantes puedan compartir de forma digital toda la información y conocimiento que enriquezcan los saberes”, mientras que Ibañez señala sobre la educación virtual que “requiere recursos tecnológicos obligatorios...funciona de manera asincrónica, es decir, que los docentes no tienen que coincidir en horarios con los alumnos para las sesiones” y Latam (s/p) “los profesores y alumnos convergen de forma digital para compartir información y conocimientos... posee una plataforma digital”.

Para Herrera y Herrera (2013), la educación a distancia comprende a la educación en línea e incluso a la virtual, pues esta se da a través del uso de las nuevas TIC, siendo que antaño esta podría ser a través de correspondencia, radio o televisión, argumentan que la educación a distancia son “programas de educación, cuya metodología se caracteriza por utilizar estrategias de enseñanza-aprendizaje que permiten superar las limitaciones de espacio y tiempo entre los actores del proceso educativo” (p. 68). Para Ibañez (s/p) señala que la educación a distancia “puede tener un porcentaje de presencialidad y otro virtual...los alumnos tienen control sobre el tiempo, el espacio y ritmo de su aprendizaje, porque no requiere una conexión a internet o recursos computacionales”. Sin embargo, Herrera y Herrera nos dicen que “la educación en línea es el proceso mediante el cual se construyen ambientes virtuales educativos para proveer información...sin necesidad de asistir a un espacio físico. La información es recibida mediante herramientas que son utilizadas por los docentes, las cuales se encuentran situadas en la web” (p. 67). Ibañez (s/p) define educación en línea como “docentes y estudiantes participan e interactúan en un entorno digital, a través de recursos tecnológicos haciendo uso de las facilidades que proporciona internet y las redes de computadores de manera sincrónica...estos deben coincidir con sus horarios para la sesión”. Para UteBlog (2015) la educación en línea es “proceso de aprendizaje entre profesores y alumnos en un entorno digital...la tecnología y las técnicas de aprendizaje conforman el modelo educativo, para lograr un ambiente altamente interactivo, a cualquier hora y desde cualquier lugar en el que te encuentres”.

Para Díaz (s/p) con el e-learning “la mayoría del proceso formativo se da de manera autónoma por parte del estudiante a través de medios asincrónicos, esta modalidad puede incluir algunas sesiones sincrónicas con el docente”. A partir del e-learning y el avance en el desarrollo de las TIC se ha evolucionado en nuevas formas de acceder al conocimiento y el aporte en el campo de la pedagogía, por ejemplo el surgimiento del Blended Learning (b-learning), que para Díaz (s/p) “se combinan formación autónoma por parte del estudiante en ambientes virtuales y sesiones sincrónicas de tutoría y acompañamiento que se dan con cierta regularidad”, y para Calderón (s/p) que “se trata de una modalidad semipresencial de estudio que incluye tanto formación en línea como formación presencial”.

Tanto la formación e y b learning traen consigo una disminución en el uso de presupuestos, la eliminación de fronteras físicas de espacio y la administración del tiempo.

Calderón señala además el desarrollo de varios tipos de enseñanza a través de las TIC, como son el Game-learning (G-Learning), el uso de juegos “serious games” que están desarrollados pedagógicamente para fomentar “habilidades de gestión, educación, estrategia, ingeniería, salud, emergencias, etc.”. Este tipo de enseñanza permite la vinculación con situaciones reales, sin caer en los riesgos que la vida cotidiana tiene. El Transformative Learning (T-Learning) que se centra en el desarrollo de habilidades donde el estudiante tiene que hacer cosas, promoviendo el desarrollo de competencias ante ambientes de continuo cambio, el Cloud-Learning (C-Learning) que utiliza las tecnologías desarrolladas en la red para poder aprender básicamente cuatro aspectos de competencias o habilidades: comunidad, comunicación, colaboración y conexión y el Mobile Learning (M-Learning) aprender a través de la tecnología de los teléfonos inteligentes móviles, celulares, agendas electrónicas, tabletas, cualquier dispositivo móvil que tenga la posibilidad de conectarse con la red, sobre todo de manera inalámbrica, donde las personas absorben contenidos académicos.

La cuarta revolución industrial o bien Industria 4.0, trajo consigo innumerables elementos de bienestar para el ser humano, entre los cuales se encuentran la velocidad de transmisión de datos, la robótica colaborativa, la impresión 3D con componentes biotecnológicos y más aún la minería de datos con los denominados Data Analytics. Esto trajo un cambio radical en la manera de enseñar y aunado a esto al despertar de todas las personas en el ámbito digital por la pandemia mundial del Sars-Cov2, el cambio entonces es aún más grande debido a que al mundo tuvo que cambiar forzosamente su manera de vivir y aclimatarse a nuevas reglas de juego y que en algunas ocasiones no es del agrado de muchas personas; recordar que todo cambio duele y en algunas ocasiones, duele mucho.

La época de la comunicación llegó para quedarse, una comunicación que no se tenía tan desarrollada antes de esta pandemia, se han abierto canales de comunicación de ancho de banda a velocidad de 5G, que permiten establecer videoconferencias alrededor del mundo, teniendo como característica que son con un número muy grande de integrantes, lo cual facilita la comunicación a gran escala y permite también que la

metodología de enseñanza híbrida sea mucho mejor aceptada tanto por docentes como por los propios alumnos y la sociedad.

También trajo consigo un más rápido desarrollo y mejora de sistemas computacionales educativos, que si bien ya existían como eLearning ahora se han mejorado en mucho, como por ejemplo Google Classroom que permite ahora definir una estrategia síncrona y asíncrona con los estudiantes, con controles exactos en las labores y asignaciones que se les deja día a día o bien sistemas más robustos como BlackBoard o Moodle.

En el contexto mexicano en donde hay una población aproximada de 130 millones de habitantes y en donde más de 33 millones son estudiantes desde preescolar hasta universidad y que estas entidades están dispersas entre ciudades grandes y pequeñas villas en la serranía de México, la labor de comunicación se hace casi imposible, a nivel mundial se están haciendo esfuerzos de colocar satélites alrededor del planeta con la finalidad de tener 100 % conectada a la población mundial pero para esto aún falta, sin embargo en las ciudades se han hecho esfuerzos dentro en las instituciones educación tanto privadas como públicas para romper paradigmas de dar las clases presenciales y darlas híbridas, en donde se destaca la utilización de estos sistemas e-learning, con una gran capacitación docente y estrategias de diseño instruccional dentro de los diferentes cursos que dan, teniendo que pensar mucho más global en aspectos como competitividad, cooperación y transferencia de conocimiento (ver Figura 1).

Figura 1  
Modelo de aprendizaje híbrido



Fuente: elaboración propia.

## La Educación, las TIC y el hoy

El uso de las TIC siempre hace reflexionar sobre el papel que juega el profesor dentro de estas nuevas modalidades de enseñanza-aprendizaje (E-A), y también si las TIC son un medio o un fin en sí. El proceso E-A requiere de toda una planeación de contenidos, secuencias pedagógicas, calendarizaciones, fijación de objetivos generales y específicos, la selección de contenidos y las competencias que se quieren lograr en el alumno, así como la mejor manera de evaluar el logro obtenido en este proceso. No cabe duda que el profesor debe tener un papel fundamental en la formulación y formación de todos estos elementos debido a su trayecto profesional, en el conocimiento específico de cada una de las materias del currículum que ha impartido, y su experiencia psicopedagógica.

A este respecto Chehaybar (2007, p. 105) señala que “el docente requiere un lugar más protagónico...dado que es él quien tiene un contacto directo con los estudiantes, con los planes y programas de estudio, así como con la realidad cotidiana de la vida de las aulas”. Sin embargo, con la llegada de la era digital el rol del profesor a decir de Viñals y Cuenca (2016, p. 110)



debe ser de “organizador, facilitador, tutor, dinamizador o asesor”. De acuerdo a Gómez (2016) se debe formar a los profesores en el empleo y educación en TIC, desde una formación básica y elemental, hasta llegar a las más avanzadas, no dejando por sentado que los profesores saben bases de TIC. Se debe crear un marco pedagógico donde no solo se considere a las TIC como instrumentos o herramientas, sino como elementos que fundamenten el mundo.

Lo fundamental de la educación es la formación de personas con una carga fuerte de ciudadanía, con una gran carga de competencias dentro de su campo de expertise y que esto se lleva a cabo mediante distintas modalidades, sea presencial, por internet o híbridas, pero en todas ellas se utilizan herramientas de TIC, tanto con respecto a aparatos físicos, como son las tabletas, los, las celulares inteligentes, las computadoras personales o de escritorio, entre otros, o bien a través de los diferentes softwares existentes, como el kahoot, Google classroom, Duo o Meet, Moodle, Skype, Facebook, Jitsi, Discord, UberConference, entre muchos. Esto hace que las TIC sean un medio para allegarse el conocimiento que se encuentra en nuestro medio ambiente, pero el saber utilizar estas herramientas y softwares digitales se convierte en un fin, en el sentido de que si no se sabe utilizarlas no se puede acceder al conocimiento.

Lo que es una realidad es el que uso de las TIC ha venido a revolucionar y transformar la manera de dar clases, permitiendo innovación en la manera en que se transmiten los conocimientos y se busca la manera de aprender, educar y transformar al alumno, ofreciendo al profesor y al estudiante fuentes inagotables de saber y el uso de herramientas diversas de multimedia que permiten ampliar los conocimientos. Esto ha traído un cambio. El docente ha dejado de ser el actor principal, para convertirse en un facilitador, un guía, un conductor del proceso de aprendizaje, para que ahora sea el alumno el que a través de las TIC forje su destino en el estudio, el alumno dejó de ser pasivo para ser activo en la recolección, selección, apropiador del conocimiento. García, Reyes y Godínez (2017, p. 4 y 5), señalan que, de acuerdo a la Unesco, “los alumnos deben asumir la responsabilidad de ser un participante activo en el apoderamiento del conocimiento, valores y habilidades necesarios para aprender a conocer, hacer, trabajar en equipo, a ser solidario, tomar decisiones, resolver problemas, etcétera”. Esto a través de la creación, por parte de las autoridades educativas tanto a nivel gobierno, como las instituciones de educación superior, “de nuevos entornos pedagógicos, que van desde los

servicios de educación a distancia hasta los establecimientos y sistemas virtuales de enseñanza superior...”.

De acuerdo a Campos (2019) la educación en México tiene pendientes que cubrir, como es la de ampliar la cobertura, que la educación media y superior tenga pertinencia con los mercados laborales, que se aprenda con calidad, una actualización por parte de los docentes para adquirir las nuevas tendencias científicas y las diferentes necesidades de la sociedad, el integrar el uso de las TIC en el aprendizaje, así como la inclusión de las personas. Para lograrlo debemos replantear el papel que juegan tanto las “familias, la escuela, las universidades, la industria, la sociedad y el gobierno” (s/p) , para lograr el perfil de una persona educada “el conocimiento, las competencias profesionales y las conductas morales” con el objetivo de “formar íntegramente a cada mexicano”.

Por su lado La Education and School Leadership Symposium se preguntó en septiembre de 2017 en relación con lo que debería ser la educación a partir de la segunda década del siglo XXI “¿Es tiempo de considerar un cambio hacia una perspectiva con énfasis en el desarrollo de la personalidad, de los valores básicos, empoderamiento, democracia y responsabilidad colectiva?”. En su libro titulado “21 lecciones para el siglo XXI”, Harari señala que en las escuelas se debería estar enseñando “<<las cuatro ces>>: pensamiento crítico, comunicación, colaboración y creatividad.” Señalando, además, que se debería estar haciendo más hincapié en las habilidades de uso general para la vida, que, en habilidades técnicas, ya que el ser humano ante las dificultades globales e individual debería estar en constante reinvencción.

Cabe señalar que la educación en conceptos, métodos, modelos, técnicas y herramientas para la actividad de un ingeniero en aeronáutica o aeroespacial se puede llevar con esta metodología híbrida pudiendo capturar estudiantes de diversas regiones de un país, trayendo con esto el ahorro considerable en recursos humanos, materiales y de transportación y viáticos, esto permite que cadetes, de diferentes regiones, puedan adquirir basándose en un curso trabajado mediante academias, tener un conocimiento consensuado y validado por un grupo de expertos en la materia, dejando el conocimiento de manera explícita mediante herramientas e-learning que permita que los estudiantes tengan todo el materia dentro de repositorios, como documentos, diagramas, fotografías, video tutoriales, etc., los cuales puedan ver y volver a ver

tantas veces ellos quieran asegurando la comprensión y análisis de los materiales e instrucciones.

Cabe señalar que dentro del área aeronáutica en donde se requiere seguir procedimientos, técnicas y métodos, estas herramientas puede ser de gran valía, ya que estos componentes en la educación de un cadete siempre estarán presentes dentro de los repositorios mismo de la Institución u organización militar a la que pertenezcan.

## Metodología

**Según su propósito:** Aplicada Tecnológica, ya que lo que se pretende es generar conocimiento que se pueda poner en práctica en el sector educativo, con el fin de impulsar un impacto positivo en la vida cotidiana.

**Según su nivel de profundidad:** Explicativa, ya que se establecerá la relación de causa y efecto que permite hacer generalizaciones que puedan extenderse a realidades similares.

**Según su tipo de datos empleados:** Cualitativa y cuantitativa (mixto), debido a la naturaleza de la problemática estudiada, es de tipo mixta, se generaron entrevistas y cuestionarios con la finalidad de obtener las dimensiones de las variables (métricas) y su relación entre ellas.

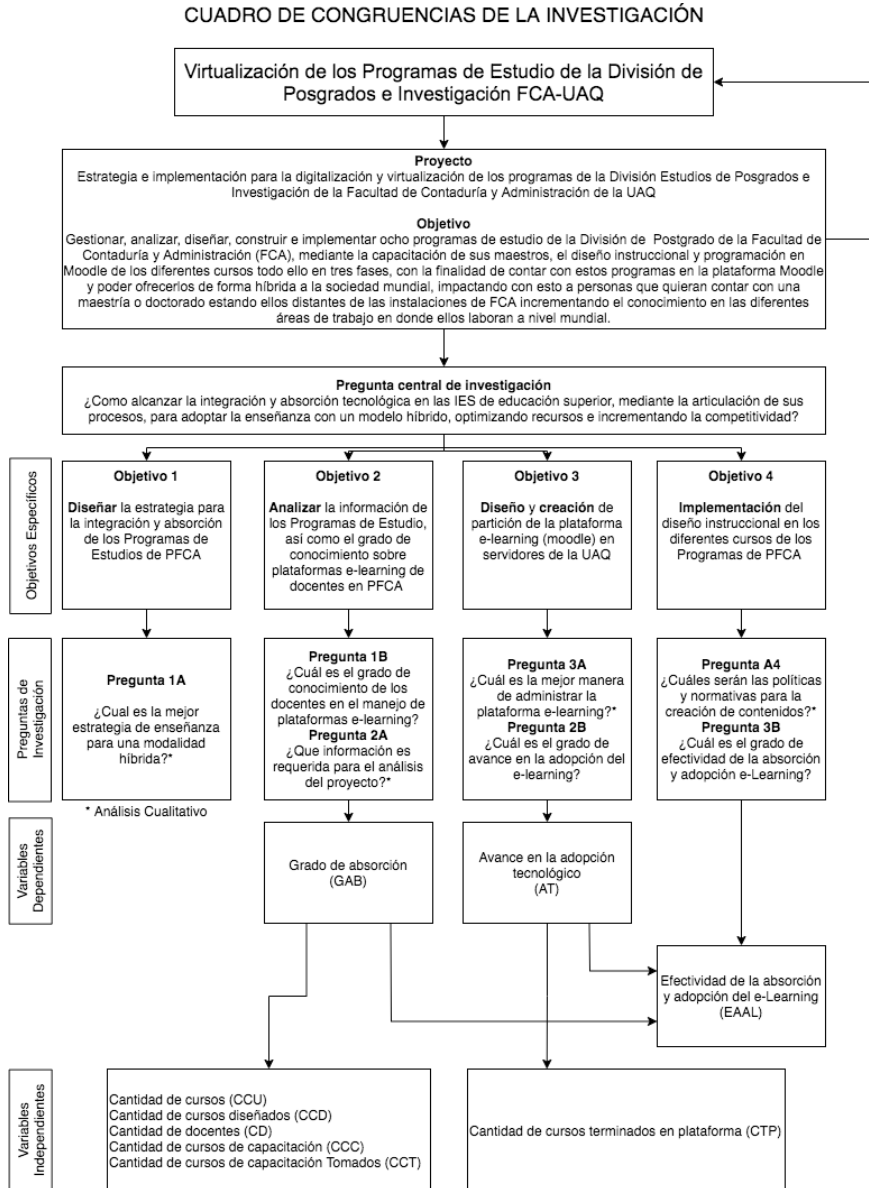
**Según su manipulación de variables:** Cuasiexperimental ya que no se controlan todas las variables involucradas y son grupos ya existentes conocidos.

**Según el tipo de inferencia:** Deductiva, puesto que se estará partiendo de algo general a algo particular.

**Según el tiempo en que se realiza:** Transversal ya que se estará observando los cambios ocurridos en el fenómeno durante un momento concreto.

## Desarrollo Desarrollo del proyecto de Virtualización PFCA

Figura 2  
Cuadro de Congruencia de la Investigación



Fuente:elaboración propia.

En la Figura 2 del Cuadro de Congruencias, se puede observar la relación que hay entre los diferentes conceptos de la Investigación científica, la cual se ha tomado para este proyecto, que aunque es un proyecto que se está iniciando hoy día, se generaron indicadores de seguimiento con la finalidad de poder reportar tres elementos, el primero de ellos es el grado de absorción del e-learning en la comunidad docente de la Facultad de Contaduría y Administración denominado la variable como “GAB”, el segundo concepto es el avance en la adopción tecnológica a lo cual se le está asignando la variable (AT) y por último lo que es la efectividad de la absorción y adopción del e.learning dentro del proyecto propio, es este último concepto el que arroja realmente y como su nombre lo dice, la efectividad del proyecto en el objetivo inicial.

La metodología que se está usando es una metodología mixta en la cual encontramos según su propósito es aplicada, por su profundidad es exploratoria, descriptiva y explicativa, mixta ya que se usan métodos cuantitativos y cualitativos para la evaluación de las diferentes variables encontradas, es no experimental, por su inferencia es hipotética deductiva y por último por su tiempo en que se realiza es longitudinal ya que es un estudio observacional que recoge datos y se encarga de emplear medidas continuas o repetitivas para dar seguimiento del proyecto durante la vida de implementación del mismo.

En la parte cualitativa de debe trabajar con la metodología de acopio de información documental, en donde se detecten los elementos que apoyen a la creación de la estrategia a seguir para minimizar el tiempo de adopción y absorción por parte de la comunidad docente, dentro de esta investigación cualitativa se han definido cuatro preguntas de investigación las cuales son:

1. ¿Cuál es la mejor estrategia de enseñanza para una modalidad híbrida?
2. ¿Qué información es requerida para el análisis del proyecto?
3. ¿Cuál es la mejor manera de administrar la plataforma e-learning?
4. ¿Cuáles serán las políticas y normativas para la creación de contenidos?

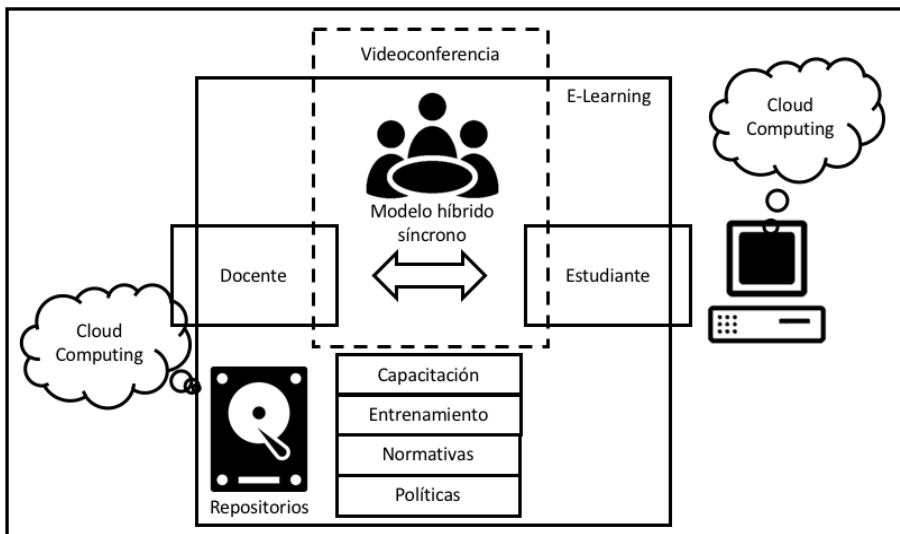
Esta parte es de vital importancia en la consolidación del proyecto ya que de esto sale el cómo, cuándo y dónde hacer las diferentes acciones, así como su normativa y políticas sobre todo en la apropiación de contenidos por parte de la Institución de Educación Superior (IES).

Desde marzo del 2020, el mundo se vio inmerso en la gran pandemia originada por el Sars-Cov2 (Covid-19), lo que ocasionó que la gran mayoría de las actividades sociales se suspendieran, entre ellas la educativa, en donde se cancelaron clases, teniendo que cerrar las aulas por tiempo indefinido ante la incertidumbre de lo que se veía venir.

En México más de 33 millones de estudiantes desde preescolar (INEGI, 2021) hasta doctorados tuvieron que migrar de forma abrupta a un sistema híbrido de educación en lo cual México no estaba preparado, por muchas razones, entre ellas, educación digital en todos los actores, docentes como alumnos y administrativos, infraestructura de las escuelas, desde conectividad a internet hasta sistemas e-learning que pudieran soportar la modalidad híbrida en donde docentes requerían aplicaciones de comunicación con sus alumnos y sistemas de repositorios de documentación por cursos.

En el caso de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y en particular el de la Facultad de Contaduría y Administración (FCA) este sistema se lleva a cabo desde hace 14 años, contando con una modalidad a la que se le llama “Licenciaturas a Distancia” en donde se llevan clases virtuales, esto quiere decir que todas las clases están preparadas para que el alumno de forma autónoma pueda seguir ciertos materiales y labores y el docente de manera asincrónica les de seguimiento.

Figura 3  
Modelo híbrido de Educación a Distancia



Fuente: elaboración propia.

Por lo anterior la FCA tuvo que hacer una transferencia de conocimiento de estas licenciaturas a distancia hacia todas las licenciaturas presenciales que se tienen, así como a las diferentes maestrías y doctorados de la División de Posgrados se Investigación (PFCA), la modalidad virtual se cambia entonces a una modalidad híbrida la cual permite contar con toda la documentación y labores dentro de un sistema e-learning (Moodle) conjuntamente con sistemas de comunicación como pueden ser Meet de Google o Zoom (Pascal O.M., 2009), teniendo entonces clases en línea dentro de los horarios programados de cada una de las divisiones y con esto el docente está 100 % en contacto con los alumnos pudiendo además de transmitir la documentación plasmada en el repositorio su experiencia en el campo laboral que el tienes como expertiz.

Por lo anterior descrito se conformó un proyecto a dos años ocho meses dentro de la PFCA en donde se pasarán cuatro doctorados y cinco maestrías a la modalidad híbrida (Simonson, M., 2006) , contando con repositorio propio, pero controlado por la dirección de informatización de la UAQ, esto permite que la facultad se deslinde de toda la parte operativa y mantenimiento directo al sistema así como aprovechar la experiencia

del departamento ya que este departamento es el que lleva todas las modalidades virtuales de las diferentes facultades de la universidad.

Este proyecto se denomina para cuestiones prácticas “Virtualización PFCA”, en donde se a conjuntado un equipo multidisciplinario de expertos en las diferentes disciplinas de los programas así como en docencia, didáctica, informática y diseñadores gráficos con ello se garantizará que cada uno de los cursos estén debidamente creados con la finalidad de poder asegurar la transferencia tanto del conocimiento académico como de la experiencia del docente. Además de todo ello se cuenta con equipos de trabajo que permitirán dejar en claro y documentado las partes críticas de una modalidad híbrida de educación superior en México y que va desde un equipo de trabajo de capacitación hasta la parte jurídica que dejará formalizada la propiedad intelectual de cada uno de los cursos. Los equipos de trabajo son: Coordinadores, Capacitación, Asesores, Diseñadores, Normativas, Procedimientos y Validación.

El equipo de “Coordinadores” está conformado por los diferentes responsables de los programas de estudio de la división y estos son los encargados de proporcionar información clave para la parametrización del sistema e-learning, como son todas las curriculas de los programas nombres de las diferentes materias, nombres de los docentes que las imparten así como sus diferentes claves, este equipo estará dando seguimiento para que todos los docentes tomen la capacitación adecuada y así puedan adquirir habilidad y capacidad para construir sus cursos con los parámetros requeridos por el proyecto.

El equipo de “Asesores” está conformado por personal docente con amplia experiencia en el manejo de la plataforma e-learning y estos estarán asesorando a diferentes maestros con la finalidad de que puedan crear sus cursos desde cero y estarán para cualquier asesoramiento al respecto del uso de la plataforma así como de la parte pedagógica que se debe usar dentro del curso.

El equipo de “Diseñadores” está conformado por diseñadores gráficos que pertenecen a la dirección de informatización de la universidad y que estarán apoyando en la generación de contenidos multimedia para ser usados en los cursos.

El equipo de “Normativas” está integrado por maestros con gran experiencia dentro de la universidad y que estarán a cargo de generar



todas las normativas, reglas y políticas que permitan al proyecto avanzar en concordancia con las políticas y normativas institucionales de la Universidad Autónoma de Querétaro y del IMPI, así como establecer criterios de propiedad intelectual de los contenidos.

El equipo de “Procedimientos” estará integrado por docentes destacadamente del ámbito administrativo y esos estarán encargados de generar los procedimientos que permitan a una universidad a distancia mantenerse y ser competitiva en el mercado, creando procedimientos desde la inscripción de los alumnos hasta la atención de su grado de máster o doctor, pero en una modalidad híbrida.

Y por último el equipo de “Validación”, este equipo será el encargado de revisar, validar y liberar los cursos cuando estos estén en una etapa de pre-terminados.

Dentro del grupo de “Capacitación” se tiene la consigna de capacitar a más de 180 docentes, los cuales un aproximado del 30 % tienen conocimiento medio del uso de las plataformas e-learning y el otro 70 % son docentes que vienen de la iniciativa privada ya sea de despachos, gobierno o bien de empresas dentro de la región centro del país y que su principal actividad no es la docencia por lo que este equipo de capacitación prestará apoyo en seis cursos impartiendo en seis rondas al cabo de dos años, cabe señalar que el proyecto está dividido en tres fases; la primera fase se atacará a los cuatro programas con mayor afluencia de alumnos entre ellos la maestría en administración que es la maestría insignia de la facultad de Contaduría y Administración, y es la que cuenta con mayor número de estudiantes y con mayor número de ingresos por inscripciones y colegiaturas.

Los cursos que se estarán ofreciendo son:

- Moodle Básico
- Imagen y Estrategia Didáctica en el Desempeño Docente División PFCA
- Moodle Intermedio
- Moodle Avanzado
- Moodle Herramientas Multimedia 1
- Moodle Herramientas Multimedia 2

## Moodle Básico

Curso introductorio a los conceptos básicos (mínimos indispensables) para contar con un curso de modalidad a Distancia basándose en un “Diseño Instruccional” institucional, tomando en cuenta desde la misión, visión y objetivos generales y particulares.

Identificar y utilizar herramientas que ofrece la plataforma Moodle para el diseño, la publicación y la administración de cursos en línea.

## Imagen y Estrategia Didáctica en el Desempeño Docente División PFCA

En este curso se verán todas las directrices planteadas para tener una homogeneidad en el diseño de los cursos, así como el uso de la estrategia de diseño estructural, la imagen que se ha preparado para la División de Investigación y Posgrado viendo el Planeación, funcionalidad y comunicación, Comunicación e interactividad con los alumnos, Recursos, elementos en la nube y videoconferencias, presentaciones, tareas y evidencias y por último el Diseño Instruccional (DI).

## Moodle Intermedio

Ofrecer al participante una serie de herramientas didácticas insertas en Moodle, trabajando directamente en un curso del participante en donde pueda ejercitar dichas herramientas, con la finalidad de que esté en posibilidad de ofrecer mejores contenidos al alumno, vía medios digitales como Drive, Youtube, Facebook, Twitter, Instagram, Wikis, etc. Y así propiciar una experiencia significativa al alumno asegurando la comprensión de los temas.

## Moodle Avanzado

Experimentar, usar, crear y definir elementos multimedia propios basándose en una estrategia de enseñanza, mediante diferentes herramientas computacionales de software libre, con la finalidad de crear elementos que puedan ser publicados en los cursos en Moodle, generando nuevos elementos visuales de transferencia de conocimiento a los alumnos.

## Moodle Herramientas Multimedia 1

Diseñar, crear, instalar, y usar elementos multimedia con las siguientes herramientas en línea: Kahoot, Mentimeter, Canvas, Venngage, Piktochart, esto permitirá que el docente diseñe sus propias infografías y juegos de preguntas con la finalidad de poder presentar material con diseños atractivos, retroalimentar a los alumnos el avance en la apropiación del conocimiento, o bien dejar labores con ellas, ya que son muy fáciles e intuitivas para usar.

## Moodle Herramientas Multimedia 2

H5P es un proyecto de desarrollo código abierto que permite crear contenido didáctico atractivo e interactivo y que se puede utilizar con cualquier navegador web, ya que se genera en HTML5.

Cabe señalar que dentro de la estrategia usada en el proyecto se está contemplando la inclusión de personas con capacidades diferentes, teniendo una intervención activa del departamento de “Atención a Estudiantes con Discapacidad” (ATEDI) a este tipo de personas dentro de la universidad.

### Figura 4

Vídeo conferencia con intervención de ATEDI

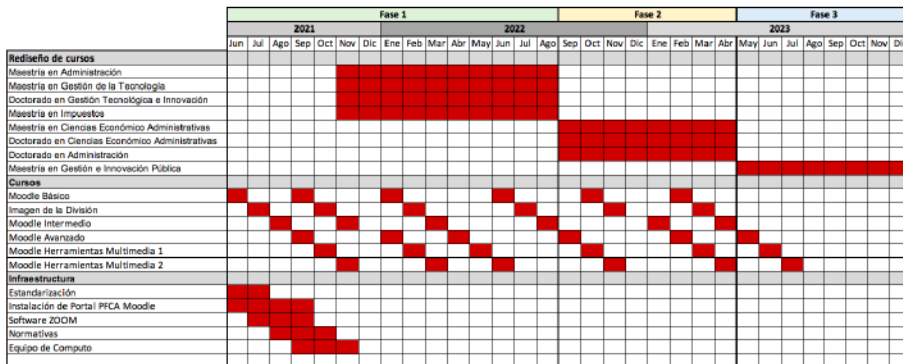


Fuente: elaboración propia.

Es importante resaltar que es un proyecto en donde la gran mayoría de los docentes de tiempo completo están involucrados ya sea en la capacitación como en la administración del proyecto, este último concepto es importante ya que para liberarlo es necesario contar con personal altamente calificado en la administración del e-learning en donde se crean las diferentes cuentas de los alumnos y la actualización, ya sea cuatrimestral o semestralmente de los diferentes cursos.

Como ya se comentó el proyecto está dividido en tres fases en la primera fase se trabajará con la maestría en administración, la maestría en impuestos y la línea de generación de conocimientos de gestión tecnológica e innovación en donde está la maestría en gestión de la tecnología y el doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación, se ha efectuado un análisis en donde esta fase será posible culminarla en un año tres meses obteniendo la experiencia de cómo hacer la colaboración de los maestros con el proyecto; la segunda fase se está previendo trabajar con la línea de generación de conocimientos de ciencias económico administrativas la cual tiene la maestría y su doctorado, además del doctorado en administración y por último la tercera fase en donde se trabajará con la maestría que gestión e innovación pública y la maestría en negocios y comercio internacional esta última de reciente creación.

Figura 5  
Cronograma de actividades del proyecto



Fuente: elaboración propia

Como todo proyecto institucional implicacostos involucrados, los cuales para este proyecto ascienden a \$125,000 para la parte de conceptualización,

diseño, sistemas de cómputo e infraestructura, cabe señalar que los maestros involucrados en el diseño de su curso están dispuestos a dejar su conocimiento para la institución (Rosenberg M. J., 2001), este conocimiento está plasmado dentro de las indicaciones y documentos varios insertos y mediante normativas y políticas se le dará su crédito como creador al docente.

## Operacionalización de variables

A partir del cuadro de congruencia en dónde se muestran las dimensiones, variables dependientes y variables independientes se muestra a continuación la operacionalización de variables en dónde se pueden ver la relación de estas para poder dar solución a 3 preguntas de investigación de manera cuantitativa.

Se muestra también un análisis de sensibilidad cuantitativa de los diferentes indicadores relacionados con las variables en dónde se indican los algoritmos que los relacionan y las restricciones de cada una de estas variables dentro del algoritmo permitiendo con ello identificar umbrales y valores máximos dependiendo de la variable dependiente que se trate.

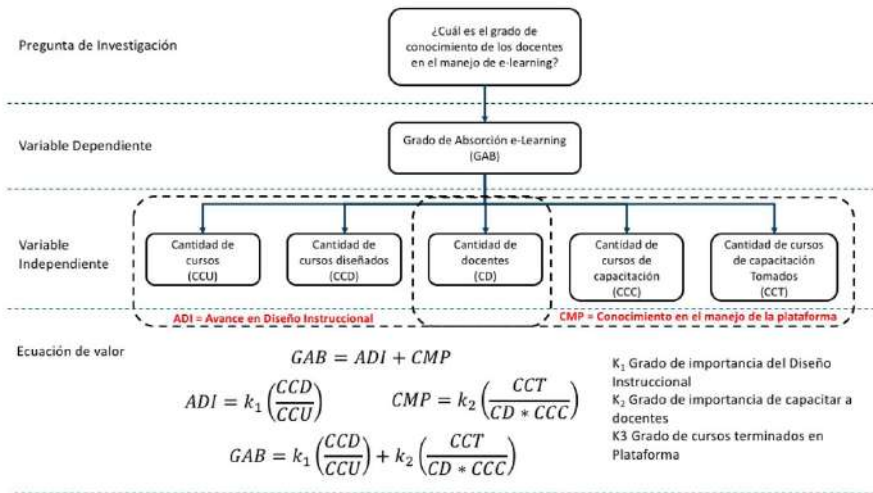
Una de las capacidades que debe tener cualquier entidad perse es la capacidad de absorción ya sea de innovación o bien tecnológica, “La capacidad de absorción constituye una capacidad estratégicamente valiosa debido a sus características, entre las que destaca su dependencia del pasado, la base de conocimientos y experiencia que tenga la organización en el desarrollo de capacidades dinámicas que la conducen hacia los cambios estratégicos y lograr flexibilidad” (Tece, 2007, p. 1331).

Por otro lado el proceso de desarrollo de nuevas tecnologías en la IES a nivel mundial no es sencillo y requiere de perfiles de TI mues especializados conocedores de metodologías de planificación y gestión del proyectos, trabajar en equipo y herramientas que permitan hacer posible del desarrollo, Si bien, el éxito de la implementación tecnológica o en el desarrollo del software no está, curiosamente, en el proceso de creación de la misma, como suele ser habitual la clave está en las personas.

“Por adaptación tecnológica o adopción de la tecnología entendemos el proceso por el cual los potenciales usuarios de la tecnología aprenden a usarla y la adquieren como propia, incorporándola a sus procesos de trabajo tal y como se había previsto en su desarrollo. La adopción tecnológica

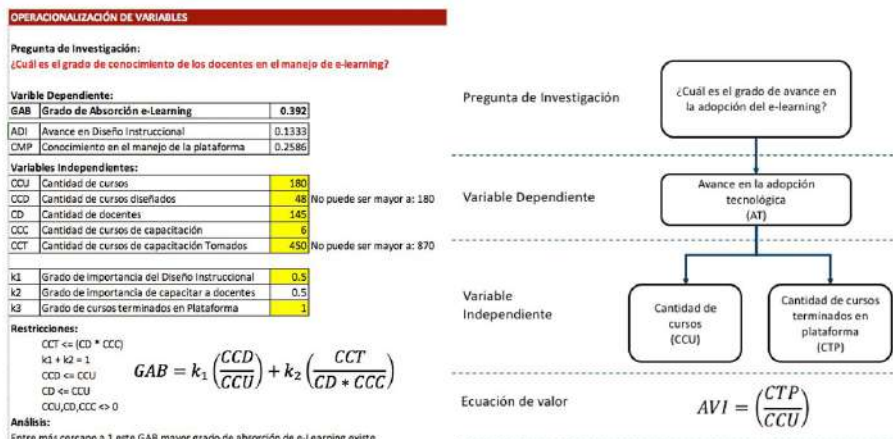
va más allá de conseguir la formación técnica para saber utilizar una herramienta nueva. La adopción tecnológica tiene que ver con integrarla en los procesos diarios, en explotarla y en conseguir que la nueva tecnología genere cambios óptimos”. (González A., 2021, párr. 3)

Figura 6  
Grado de absorción e-Learning



Fuente: elaboración propia.

Figura 7  
Operacionalización del Grado de absorción e-Learning



**OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

**Pregunta de Investigación:**  
¿Cuál es el grado de adopción tecnológica en e-Learning en PFCA?

**Variable Dependiente:**

AT	Grado de Adopción Tecnológica	0.56
----	-------------------------------	------

**Variables Independientes:**

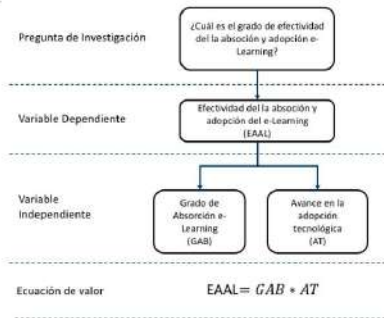
CCU	Cantidad de cursos	180
CTP	Cantidad de cursos terminados en plataforma	100

No puede ser mayor a: 180

$$AVI = \left( \frac{CTP}{CCU} \right)$$

**Restricciones:**  
CCD <= CCU  
CCU > 0

**Análisis:**  
Entre más cercano a 1 este AT mayor será la Adopción Tecnológica en PFCA



**OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

**Pregunta de Investigación:**  
¿Cuál es el grado de efectividad del la absoción y adopción e-Learning?

**Variable Dependiente:**

EAAL	Efectividad del la absoción y adopción del e-Learning	0.21775
------	---	---------

**Variables Independientes:**

GAB	Cantidad de cursos	0.39195
AT	Cantidad de cursos diseñados	0.55556

**Restricciones:**  
Ninguna

$$EAAL = GAB * AT$$

**Análisis:**  
Entre más cercano a 1 este EAAL mayor grado de efectividad de absorción y adopción del e-Learning existe

Fuente: elaboración propia.

## Herramientas usadas en la adopción tecnológica

### ActivePresenter

Sus principales características son:

- Grabación de la pantalla, grabación de video de lo que se observa en la pantalla, videotutoriales y contenido interactivo de aprendizaje electrónico.
- Edición de audio y video.
- Simulación de software.
- Guías de software.

- Aprendizaje electrónico mediante juegos interactivos.
- Creación de quizzes.

*Ventajas:*

- No se mencionan de manera explícita, pero desde su sitio web podemos determinar que es una herramienta de creación de contenido educativo interactivo de fácil acceso ya que también se menciona que se podrá mejorar la creación de eLearning con el software intuitivo y fácil de usar. Es importante mencionar que tiene consigo múltiples características que lo convierten en una herramienta versátil.

Fuente: <https://atomisystems.com/activepresenter/>.

## **Canva**

*Sus principales características son:*

- Canva para diseños de redes sociales.
- Con Canva, diseña lo que quieras.
- Crea diseños en minutos.
- Con Canva, diseña en equipo.

*Ventajas:*

- No se mencionan de manera explícita pero observando tanto la interfaz de la página web y la aplicación móvil, se puede decir que es una herramienta bastante sencilla de usar, ya que uno de sus esloganes es “Diseño gráfico para todos”.

Fuente: [https://www.canva.com/es\\_mx/about/](https://www.canva.com/es_mx/about/).

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.canva.editor>

## **Emaze**

*Sus principales características son:*

- Creación de presentaciones digitales increíbles automáticamente.
- Creación de todo tipo de contenido (Presentaciones, sitios web, sitios de empresa, tarjetas electrónicas, blogs personales y álbumes de fotos).



- Diseño automático.
- Mejora de contenido digital (aumentando la presencia en redes sociales).

*Ventajas:*

- Facilidad de uso [Crea contenido cautivador en minutos].
- Análisis avanzado [Comprende a tu audiencia y descubre lo que los hace permanecer estar interesados].
- Receptivo móvil [Amplía tu audiencia desde cualquier lugar].
- Diseños de vanguardia [Elija entre escenas visuales 3D, videos cautivadores, paralaje y abundan los efectos especiales en plantillas fáciles de personalizar].
- Idioma [Herramientas fáciles de compartir y de traducción automática].

Fuente: <https://www.emaze.com/es/>.

## **H5P**

*Sus principales características:*

- Creación de contenido HMTL5 superior.
- Compartir contenido sin problemas en cualquier sitio compatible con H5P.
- Reusa y modifica tu contenido en tu navegador en cualquier momento.

*Ventajas:*

- Contenido compatible con dispositivos móviles.
- Fácil y sencillo de usar.
- Uso libre gratuito. H5P es una tecnología completamente gratuita y abierta, licenciada con la licencia MIT.

Fuente: <https://h5p.org/>.

## **Kahoot!**

*Sus principales características:*

- Aplicación diseñada para motivar el aprendizaje por medio de concursos interactivos con tus estudiantes.

- Creación de juegos de preguntas y respuestas de forma muy intuitiva y dinámica, en donde podrás crear tus propios quiz, cuestionarios o encuestas en línea.
- Permite realizar quizzes, que incluyan fotos y vídeos.

*Ventajas:*

- Ofrece diversas modalidades de uso, tanto como para estudiantes, maestros, e incluso empresas.
- Aunque sí ofrece una suscripción superior o premium, el contenido de uso gratuito es bastante completo.
- Es una aplicación versátil e interactiva de gran utilidad académica.

Fuente: <http://elearningmasters.galileo.edu/2017/01/20/conoce-el-juego-kahoot/>.

[https://play.google.com/store/apps/details?id=no.mobitroll.kahoot.android&hl=es\\_MX&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=no.mobitroll.kahoot.android&hl=es_MX&gl=US).

## **Mentimeter**

*Sus principales características son:*

- Creación de presentaciones y reuniones interactivas, en cualquier lugar.
- Utilice quizzes en vivo.
- Realice cuestionarios.
- Capacidad para obtener información en tiempo real, independientemente de si es remoto, híbrido o cara a cara.
- El o los receptores podrán usar sus teléfonos inteligentes para conectarse a la presentación donde pueden responder preguntas, de igual manera se podrá segmentar los votos en función de respuestas anteriores para descubrir tendencias inesperadas entre diferentes grupos de la audiencia.

*Ventajas:*

- Tamaño de audiencia ilimitado incluso con una cuenta gratuita, lo que significa que todos pueden participar.

- Creación presentaciones ilimitadas y use Mentimeter para eventos profesionales y privados.
- Personalizar la interacción con la audiencia para que se adapte a sus necesidades.
- Reutilice las mismas preguntas para ver cómo se desarrollan las respuestas a lo largo del tiempo.

Fuente: <https://www.mentimeter.com/>.

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mentimeter.voting&hl=es\\_MX&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mentimeter.voting&hl=es_MX&gl=US)

## **Moodle**

*Sus principales características son:*

- Diseñada para proporcionar a educadores, administradores y estudiantes un sistema integrado único, robusto y seguro para crear ambientes de aprendizaje personalizados.
- Proporciona el conjunto de herramientas más flexible para soportar tanto el aprendizaje mixto (blended learning).
- Puede escalarse para soportar las necesidades, tanto de clases pequeñas, como de grandes organizaciones.

*Ventajas:*

- Una interfaz simple, características de arrastrar y soltar, y recursos bien documentados, junto con mejoras continuas en usabilidad.
- Moodle es proporcionado gratuitamente como programa de Código Abierto.
- Puede ser personalizado en cualquier forma deseada, para adecuarlo a necesidades individuales.
- Puede acceder a Moodle desde cualquier lugar del mundo.

Fuente: [https://docs.moodle.org/all/es/Acerca\\_de\\_Moodle](https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle).

## **Moovly**

*Sus principales características son:*

- Hacer fácilmente videos impresionantes en cualquier estilo.

- Mira y presenta tus videos de Moovly donde quieras, directamente desde la aplicación móvil.
- Grabe o capture medios como sonidos, videos e imágenes, o cargue medios directamente desde su Camera Roll o el almacenamiento local.
- Sincronice automáticamente en la nube sus imágenes o videos capturados con su biblioteca personal de Moovly.

*Ventajas:*

- Aplique fácilmente funciones expertas con un solo clic.
- Comparta fácilmente sus videos con otros.
- Aunque sí ofrece una suscripción premium, el contenido de uso gratuito es bastante completo.

Fuente: <https://www.moovly.com/>.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.moovly.mobileapp>

## **Piktochart**

*Sus principales características son:*

- Creador de infografías, presentaciones e informes.
- Cree fácilmente contenido visual en cualquier formato.
- Personalice su marca en segundos.
- Traduzca datos complejos en una historia visual.

*Ventajas:*

- Mejora tu comunicación interna y externa con Piktochart. Convierta rápidamente cualquier contenido de texto o datos en una historia visual que le encantará a su audiencia.
- Creación de contenido de alta calidad, presentaciones persuasivas, carteles llamativos y reportes perspicaces.

Fuente: <https://piktochart.com/>.

## Vennngage

Sus principales características son:

- Crea increíbles infografías en 3 simples pasos.
- Increíbles diseños y plantillas para todas tus necesidades.
- Crea una buena impresión con gráficos e ilustraciones impresionantes.
- Mejora tu comunicación interna.

Ventajas:

- Obtén soporte real de personas reales.
- Se podrá elegir entre una gama de plantillas para la creación de infografías.
- Sin importar que estés creando infografías, presentaciones, reportes o ilustraciones para las redes sociales, estas plantillas personalizables te ayudarán a convertirte en un experto(a) en pocos clics.
- Convierte datos complejos en infografías fáciles de comprender.

Fuente: <https://es.venngage.com/>.

## Conclusiones

Se puede decir que México no estaba preparado para una innovación tan radical en la educación, como lo es el cambio de modalidad presencial a híbrida, en donde los docentes, los estudiantes, las instituciones, la infraestructura y las telecomunicaciones no estaban preparadas para ello, se han hecho en el 2020 y 2021 grandes esfuerzos para lograr dicha absorción y adopción de la nueva modalidad, pero el modelo implica a cambios mucho más profundos, cambios en políticas públicas respecto a la forma de dar la educación, teniendo en cuenta aspectos tan importante como gran la brecha tanto económica como digital que tiene internamente México y o se diga entre naciones.

Cabe señalar que este documento permite definir perfectamente las diferentes variables que debe contener una implantación de un modelo híbrido en una institución de educación, no se están previendo elementos tan importantes ahora en pandemia mundial, como lo es la infraestructura

que deben tener los servicios, tanto físicos como humanos en donde se contemplan, ventilación, afluencia, hardware, software, etc.

Se deja para el lector, la comprensión y racionalización de los elementos a darles seguimiento y control en la implantación del sistema híbrido y se propone el trabajo con el Software gratuito Moodle canadiense el cual tiene muchos adeptos a nivel mundial y por ende un gran número de manuales, tutoriales y videos de autoaprendizaje que puede en algún momento facilitar dicha implementación.

## Referencias

- Calderón. F. (2014). *Las 5 tendencias del aprendizaje en línea*. Forbes. Portada. Negocios México. Recuperado el 01/09/2021 en: <https://www.forbes.com.mx/las-5-tendencias-del-aprendizaje-en-linea/>.
- Campos Hernández, R. (2019). *Revolución educativa 5.0 para el desarrollo de México*. El Financiero. Recuperado el 06/09/2021 en: <https://www.elfinanciero.com.mx/bajio/revolucion-educativa-5-0-para-el-desarrollo-de-mexico/>.
- Campos Hernández, R. (2021). *¿Cómo reconstruir la Educación Superior? Expansión*. Revista Digital. Recuperado el 31/08/2021 en: <https://expansion.mx/opinion/2021/04/14/como-reconstruir-la-educacion-superior>.
- Chehaybar y Kuri, E. (2007). Reflexiones sobre el papel del docente en la calidad educativa. *Reencuentro*, núm. 50. Diciembre, pp. 100-106 Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México. Recuperado el 06/09/2021 en: <https://www.redalyc.org/pdf/340/34005013.pdf>.
- Días-Barriga, Á. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. *Universia. Revista Iberoamericana de Educación Superior*. Núm.10 Vol. IV. p. 3-21. Recuperado el 06/09/2021 de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ries/v4n10/v4n10a1.pdf>.
- Díaz Subieta, L. B. (2021). *Diferencias entre educación remota, educación virtual y educación a distancia*. Recuperado el 31/08/2021 en: <https://acis.org.co/portal/content/diferencias-entre-educaci%C3%B3n-remota-educaci%C3%B3n-virtual-y-educaci%C3%B3n-distancia>.

- Dueñas Buey, M. L. (2010). Educación inclusiva. *Revista Española de orientación y Psicopedagogía*, vol. 21, núm. 2, mayo-agosto, 2010, pp-358-366 Asociación Española de orientación y Psicopedagogía. Madrid, España. Recuperado el 30/08/2021 de: <https://www.redalyc.org/pdf/3382/338230785016.pdf>.
- Education and School Leadership Symposium (2017). Recuperado el 06/09/2021 en: <http://www.schulleitungssymposium.net/archiv/2017/wp-content/uploads/2017/01/ELS-2017-eFlyer-ES-print-17-02-21-Kopie.pdf>.
- García Sánchez, M. del R., Reyes Añorve, J., Godínez Alarcón, G. (2017). Las Tic en la educación superior, innovación y retos, 6(12) *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*. Recuperado el 21 de julio de 2021, d <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6255413.pdf>.
- Gómez Galán, J.(2016). Educación 3.0 en Iberoamérica: principales objetos de análisis científico y beneficios sociopedagógicos. *International Journal of Educational Research and Innovation*. 6, pp. 124-145 recuperado el 06/09/2021 en: <https://rio.upo.es/xmlui/handle/10433/3499>.
- González. A. (2021). Adopción Tecnológica, por qué es clave en el proyecto de TI, rescatado de <https://openwebinars.net/blog/por-que-la-adopcion-tecnologica-es-clave-en-proyectos-it/>.
- Harrari, Y. N. (2019). *21 lecciones para el siglo XXI*. 3.<sup>a</sup> Edición. Debate. México. Penguin Random House. Grupo Editorial.
- Herrera Ordoñez, A. y Herrera López, P. (2013). La educación en línea. *Hospitalidad EDAI* (23),65-82. Recuperada el 01/09/2021 en: <https://revistas.up.edu.mx/ESDAI/article/view/1544>.
- Ibañez, F. (2020) Educación en línea, Virtual, a Distancia y Remota de Emergencias, ¿Cuáles son sus características y diferencias? Observatorio Instituto para el Futuro de la Educación, Tecnológico de Monterrey. Recuperado el 31/08/2021 en: <https://observatorio.tec.mx/edu-news/diferencias-educacion-en-linea-virtual-a-distancia-remota>.
- INEGI (2021), Comunicado de Prensa Núm 185/21, rescatado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon/ECOVIED-ED\\_2021\\_03.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon/ECOVIED-ED_2021_03.pdf).

- La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Recuperado el 30/08/2021 de: [https://www.pactomundial.org.mx/wp-content/uploads/2020/04/ODS-Metas-e-indicadores\\_compressed.pdf](https://www.pactomundial.org.mx/wp-content/uploads/2020/04/ODS-Metas-e-indicadores_compressed.pdf).
- Latam Global School. (s.f.). *Educación remota vs educación virtual*. Recuperado el 01/09/2021 de: <https://www.latamglobalschool.com/blogs/educacion-remota-vs-educacion-virtual/>.
- Modelo Educativo Universitario. (2021). Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado el 01/09/2021 en: <https://planeacion.uaq.mx/index.php/descargables/modelo-educativo-universitario>.
- Pachon, J. (2021). *La educación remota no es sinónimo de educación virtual*” revista educación virtual. Recuperado el 31/08/2021 en: <https://revistaeducacionvirtual.com/archives/3462>.
- Pacto Global. Red México (2021). “Objetivos de desarrollo Sostenible” recuperado el 30/08/2021 de: [https://www.pactomundial.org.mx/ods/?-creative=474221264814&keyword=objetivos%20de%20desarrollo%20sustentable&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQjwg7KJBhDyARIsAHrAXaF2Kh-pGrgCSIp4VKcb-VQpcyXeaMEK6Sls4WYyu2ETZh4pp-t89NMaAnrNEALw\\_wcB](https://www.pactomundial.org.mx/ods/?-creative=474221264814&keyword=objetivos%20de%20desarrollo%20sustentable&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQjwg7KJBhDyARIsAHrAXaF2Kh-pGrgCSIp4VKcb-VQpcyXeaMEK6Sls4WYyu2ETZh4pp-t89NMaAnrNEALw_wcB).
- Pascal, O.M. (2009). *Las TIC y su aplicación a la enseñanza técnica a través de modelos de enseñanza centrados en el alumno*. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Plan Gran Visión 2015-2045. (2021). Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado el 01/09/2021 en: [https://www.uaq.mx/planeacion/pide/PGV\\_UAQ\\_2015-2045.pdf](https://www.uaq.mx/planeacion/pide/PGV_UAQ_2015-2045.pdf)
- Rosenberg, M. J. (2001). *E-learning: strategies of delivering knowledge in the digital age*. Nueva York, EEUU: McGraw-Hill.
- Salmi, J.(2014) *La educación en un punto decisivo*. Ruta maestra 9 pp 2-9 Recuperado el 06/09/2021 en: <https://rutamaestra.santillana.com.co/wp-content/uploads/2018/10/Ruta%20Maestra%209.pdf>.
- Simonson, M. (2006). “Concepciones sobre la educación abierta y a distancia”, en Barberá, E. (Coord.) *Educación abierta y a distancia*. Editorial UOC. pp. 13-48, Barcelona, España.



- Teece, D. (2007). Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance, *Strategic Management Journal*. [en línea], junio 2007, [consulta: 10 de febrero del 2010]. DOI: 10.1007/978-3-031-11371-0\_6, (113-129), (2023).
- UTELBLOG (2015). ¿Qué es la educación en línea?. Recuperado el 01/09/2021 de: <https://www.utel.edu.mx/blog/estudia-en-linea/que-es-la-educacion-en-linea/>.
- Viñals Blanco, A., Cuenca Amigo, J. (2016). El rol del docente en la era digital. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol.30, núm.2, agosto, 2016 pp. 103-114. España. Recuperado el 06/09/2021 en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27447325008>.
- Zarate-Rueda, Ruth, Díaz-Orozco, Sonia Patricia y Ortíz-Guzmán Leonardo (2017). Educación superior inclusiva: Un reto para las prácticas pedagógicas. *Revista electrónic@ Educare*, vol.21, núm.3, pp.298-312, 2017. Universidad Nacional. CIDE Recuperado el 30/08/2021 en: <https://www.redalyc.org/journal/1941/194154512014/html/>.



## Capítulo 6.

# Una revisión desde las formas de rendición de cuentas ambientales en Colombia<sup>1</sup> Contribución al Desarrollo Sostenible Empresarial

*Dr. Iván Andrés Ordóñez-Castaño*

Corporación Universitaria Centro Superior UNICUCES

<https://orcid.org/0000-0001-9423-0859>

[ivanorcas@gmail.com](mailto:ivanorcas@gmail.com); [iaocasta@usbcali.edu.co](mailto:iaocasta@usbcali.edu.co); [ivorcas@doctor.upv.es](mailto:ivorcas@doctor.upv.es)

*Dr. Wilson Eduardo Romero Palacios*

Corporación Universitaria Centro Superior UNICUCES

<https://orcid.org/0000-0002-8107-3222>

[viceacademica@unicuces.edu.co](mailto:viceacademica@unicuces.edu.co) - [weromero@live.unicuces.edu.co](mailto:weromero@live.unicuces.edu.co)

*Cita este capítulo:*

Ordóñez-Castaño, I. A. y Romero Palacios, W. E. (2022). Una revisión desde las formas de rendición de cuentas ambientales en Colombia. Contribución al Desarrollo Sostenible Empresarial. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroñero, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 149-171). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

---

<sup>1</sup> Este capítulo es producto del proyecto “Relación entre la calidad de la información de los reportes integrados de los bancos cotizados en BVP y sus factores conexos” financiado por la Universidad de Panamá a través de la Vicerrectoría de Investigaciones y posgrado, SENACYT y la Corporación Universitaria Centro Superior UNICUCES (Colombia). Grupo de investigación CONSTRUCECS. Calle 14N # 8N - 35, Cali, Código postal 760031 Colombia.

## Resumen

En la actualidad se enfrentan a un gran reto los profesionales de todas las áreas. Las necesidades cambiantes de una sociedad cada vez más preocupada por el ambiente del que somos parte empieza a formar un estrecho vínculo con las necesidades del mercado, la competitividad ha tomado un giro y se ha hecho inminente generar alternativas que permitan que la calidad del ambiente perdure; la contabilidad no se excluye de la posibilidad de abarcar estas nuevas vertientes investigativas y la generación de conocimiento en aspectos sociales, económicos y ambientales permite una visión holística integral de la realidad para poder tomar decisiones. Este proyecto es desarrollado debido a la necesidad de recopilación de formas de rendición de cuentas ambientales existentes y/o aplicables en Colombia, ya que es necesario un reconocimiento de las metodologías aplicadas para generar un aporte al análisis investigativo que a futuro sea útil para realizar una propuesta homogénea de rendición de cuentas ambientales que permita que exista comparabilidad en la información dada por las empresas y de esta manera la información sea oportuna y cumpla con la representación fiel para que el sector público pueda tomar decisiones mediante políticas públicas que se adecuen a las necesidades tanto de la sociedad, como del sector público, privado y mixto, basándose en la información ambiental generada.

La metodología implementada es que se identificaran las formas de rendición de cuentas ambientales en Colombia mediante un análisis documental, posteriormente esta información se clasificó a través de una diferenciación de bases conceptuales y teóricas en estándares, normativas y reportes, finalmente se generó una matriz que recopila las principales características de cada una de estas formas de rendición de cuentas que se encontrará anexada al final de este capítulo.

**Palabras clave:** cuenta ambiental, políticas públicas, normativas y reportes, sociedad, medio ambiente, desarrollo económico, RSE, Colombia.

## Necesidad de información no monetaria

La contabilidad es una disciplina que nos permite la recolección y organización de información de tal manera que permita generar un control que facilite la toma de decisiones de una manera efectiva al tener conocimiento de los datos que son considerados como acertados a la realidad. Existen dos grandes vertientes de la contabilidad: la contabilidad monetaria o contabilidad tradicional y la contabilidad no monetaria. La contabilidad tradicional está enfocada principalmente a la contabilidad general donde se encuentra la teoría-práctica contable y la contabilidad aplicada en la macro-contabilidad (contabilidad de renta nacional, contabilidad de balanza de pagos) y la micro-contabilidad (contabilidad financiera, contabilidad administrativa, contabilidad de gestión y productividad, contabilidad fiscal empresarial y la contabilidad de capital intelectual), por otra parte, la contabilidad no monetaria tiene un campo de estudio en la contabilidad socio-ambiental (contabilidad social y contabilidad ambiental-ecológica) y la contabilidad de la cultural (Universidad Gran Colombia Armenia, 2018).

La contabilidad tradicional brinda solamente una perspectiva de la realidad con un enfoque económico principalmente, es expresada en términos monetarios y, por ende, dentro de sus limitantes. Sin embargo, las necesidades de información con representación fiel de la realidad en múltiples perspectivas van en constante aumento debido a la complejidad inter-relacional de la sociedad. Es necesario desarrollar una investigación en las diferentes vertientes de la contabilidad para la satisfacción de las necesidades de la sociedad que surgen del vínculo de los Stakeholders y el contexto en el que se encuentran, ya que son afectadas de manera directa o indirecta la sociedad y el ambiente con el desarrollo económico.

## Desarrollo sostenible y RSE

El desarrollo sostenible surge a partir de la reflexión del hombre al identificar la responsabilidad que este tiene con el medio ambiente y con su propia especie, se introduce el término de equidad intergeneracional. “Los gobiernos, las empresas y, en general, las instituciones que actúan con una perspectiva de desarrollo sostenible emplean como referente lo que llaman «la triple línea de base» (económica, ambiental y social). Los reportes de sostenibilidad incluyen estos tres aspectos para dar cuenta de la manera en que operan las instituciones” (Vives y Vara, 2011).

Actualmente la empresa cumple el papel de ser uno de los pilares fundamentales del sistema económico, encargada de la satisfacción de necesidades de la sociedad en la producción de bienes y servicios donde interactúan diferentes grupos de interés de manera directa o indirecta en el entorno donde se encuentran, por esta razón debe implementar medidas que permitan ser económicamente competitivas con los nuevos desafíos sociales-ambientales-empresariales, pese a esto, es necesario delimitar hasta dónde llega la responsabilidad de la empresa.

Hay que tener una serie de regulaciones sobre lo que se considera comportamiento básico, no negociable, pero esto varía de país a país, de tiempo en tiempo... ¿Debe la empresa ir más allá del comportamiento ético y el cumplimiento de las leyes? La línea que separa lo obligatorio de lo voluntario, el cumplimiento de las regulaciones del comportamiento responsable voluntario es una línea variable que depende de la empresa y de las circunstancias en que opera (Vives y Vara, 2011).

El desarrollo sostenible ha puesto en marcha desde diferentes iniciativas privadas, públicas y mixtas a través de políticas públicas, iniciativas de gestión, teorías, herramientas, artículos, cursos formativos, congresos, estándares, guías, reportes o informes que han ido aumentando significativamente lo que ha permitido la expansión y diversidad interrelacional (Villegas, 2012). La aplicación de estas iniciativas desde una perspectiva empresarial, los informes de responsabilidad social empresarial son usados como mecanismo de legitimación informativa ante la sociedad para contrastar datos socioambientales para promover la aceptación de los Stakeholders y mejorar la competitividad ante las necesidades del mercado. Sin embargo, existe heterogeneidad del concepto de responsabilidad social empresarial por ende existe una limitante conceptual para determinar cuándo se considera una empresa socialmente responsable. (Villegas, 2012). De aquí la necesidad de delimitar un concepto claro de responsabilidad empresarial y de esta misma forma generar un marco de reporte de RSE neutral y homogéneo, de carácter inclusivo con las necesidades de los diferentes grupos de interés.

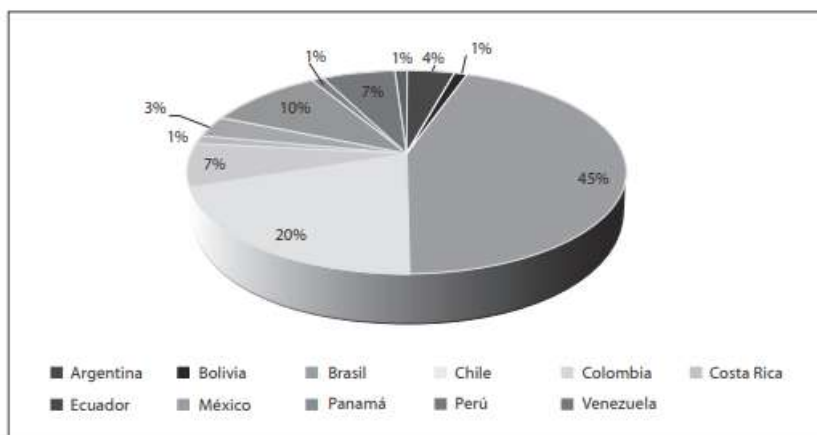
A raíz de la sostenibilidad como parte fundamental del desarrollo económico, surge como mecanismo de control la investigación de información contable de carácter no financiero, la cual radica en la necesidad informativa de los Stakeholders respecto a perspectivas de la realidad que no satisface la información financiera, afectando directamente la confiabilidad de la información. La información que se genera únicamente en términos

financieros no permite un conocimiento eficiente sobre la realidad y afecta el control y, por ende, la toma de decisiones ya que hay un margen de inconsistencias al omitir cierto tipo de información que es de carácter relevante para algunos grupos de interés.

La contabilidad ecológica, enfocada en la generación de información no monetaria forma parte de uno de los pilares de la sostenibilidad (económico, social y económico), surge a partir de una preocupación ética y se da para facilitar el control y distribución de los recursos naturales para legitimar la información con las necesidades de los grupos de interés, con la finalidad de contrastar eficientemente los efectos negativos de la degradación ambiental y de esta misma forma en la sociedad.

Este tipo de prácticas son implementadas en diferentes países y en el caso de América Latina, sufre grandes limitaciones en diferentes aspectos, por esta razón es necesaria la investigación en este tipo de temáticas para poder realizar un puente entre las brechas teórico-prácticas que existen entre el desarrollo sostenible y la práctica contable. América del Sur se caracteriza por la rigidez-flexibilidad cambiante de la estructura para la producción de informes de RSE, sin embargo, no acarrea al cambio organizacional operativo o la implementación de medidas sostenibles. Recuperado de Informes de Responsabilidad Social Empresarial M. Gómez, D. Quintanilla.

Figura 1  
Porcentaje implementación de informes de RSE



Fuente: Informes de Responsabilidad Social Empresarial. M. Gómez, D. Quintanilla.

## ¿Qué posibilidades de informes de RSE enfocados al medio ambiente hay aplicables a Colombia?

La Corte colombiana desde 1992 ha implementado estrategias que demuestran la relevancia que tienen los aspectos ambientales, como podemos ver reflejado en la Sentencia C-595 del 2010 que trae a reflexión la sentencia T-411 de 1992: La protección al ambiente no es un “amor platónico hacia la madre naturaleza”, sino la respuesta a un problema que de seguirse agravando al ritmo presente, acabaría planteando una auténtica cuestión de vida o muerte: la contaminación de los ríos y mares, la progresiva desaparición de la fauna y la flora, la conversión en irrespirable de la atmósfera de muchas grandes ciudades por la polución, la desaparición de la capa de ozono, el efecto invernadero, el ruido, la deforestación, el aumento de la erosión, el uso de productos químicos, los desechos industriales, la lluvia ácida, los melones nucleares, el empobrecimiento de los bancos genéticos del planeta, etc., son cuestiones tan vitales que merecen una decisión firme y unánime de la población mundial. Al fin y al cabo, el patrimonio natural de un país, al igual que ocurre con el histórico - artístico, pertenece a las personas que en él viven, pero también a las generaciones venideras, puesto que estamos en la obligación y el desafío de entregar el legado que hemos recibido en condiciones óptimas a nuestros descendientes. De esta manera a partir de los 90's es notorio cómo aumenta la legislación interna ambiental a la par que la preocupación internacional a causa de la degradación ambiental causada por las actividades humanas.

Debido a esta preocupación ambiental, surgen otro tipo de preocupaciones en el ámbito social, cultural, entre otros aspectos que abarca la RSE. En Colombia, específicamente en materia ambiental, existen diferentes alternativas en la forma de rendición de cuentas ambientales, sin embargo, la inexistencia de una metodología homogénea causa dificultades a la hora de establecer la obligatoriedad de la realización de informes de RSE.

Para efectos del desarrollo de este capítulo he decidido clasificar los informes de RSE enfocados en la temática ambiental en reportes, estándares y normativas, identificando cada uno de estos de acuerdo con las definiciones establecidas de cada palabra.

Para el concepto de reportes son informes o noticias que transmiten información divulgativa, persuasiva o de otros tipos. Los reportes pueden



ser resultado de una investigación previa o tener una estructura de problema-solución para dar respuesta a preguntas (Porto y Merino, 2013).

Según el Dr. Edmundo Flórez, contador público con experiencia en finanzas, auditoría e impuestos y seguridad informática la palabra norma en el concepto colombiano se emplea como una regulación legal, en resumidas palabras es una regla, mientras que la palabra estándar es considerada como una directriz pasada en principios, tal como es afirmado en el vídeo (Flórez, 2011).

## A. Reportes

### I. Huella ecológica

Es un indicador ambiental mediante el cual se realiza una evaluación y medición del impacto ambiental, teniendo en cuenta la capacidad de auto renovación de la naturaleza. Según (Wackernagel y Ree, 2001) la huella ecológica es: “Una medida de la carga impuesta por una población dada a la naturaleza”. Busca la inclusión y participación de los miembros de la sociedad en pro de la sostenibilidad mediante el uso racional de los recursos naturales a través de la cultura de autogestión y autorregulación, tal como lo indica la página del Ministerio de Ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

La metodología implementada consiste en una medición de los impactos ambientales, basados en patrones de consumo, en Colombia se implanta la huella ecológica, corporativo e individual. “La calculadora de la huella ecológica para Colombia fue constituida con base en una investigación preliminar que involucró aspectos como el transporte, la alimentación, la vivienda y el consumo” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

### II. Huella de carbono

Según la página del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es un indicador mediante el cual se calcula la emisión de GEI (Gases de efecto invernadero) directas e indirectas causadas por las actividades económicas realizadas. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). Se genera un inventario de GEI causado por diferentes actores de acuerdo con normativas internacionales, es generado para proponer estrategias que permitan contrarrestar o disminuir los efectos negativos del desarrollo económico al estar basado en la RSE para la sostenibilidad.

### **III. Huella hídrica**

Es un indicador que mide el volumen de agua dulce consumida, utilizada y contaminada por las actividades diarias, adicionalmente, el agua implementada en las actividades económicas (Alcaldía de Santiago de Cali, Cali progresa contigo y DAGMA, 2011). Actualmente la definición que posee es “el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios de un individuo, de una comunidad o de una empresa” (Hoekstra). Es una medida en la cual se establece el volumen de agua implementado para la producción de bienes y servicios tanto de manera directa o indirecta.

### **IV. Huella social**

Es un indicador de un conjunto de impactos sociales, económicos y del entorno que afectan el desarrollo de una sociedad. El bienestar de una comunidad depende de la felicidad de los individuos que la componen, de las oportunidades de desarrollo profesional y económico, y del equilibrio con el contexto natural o urbano que la rodea. Por lo tanto, la huella social puede dividirse en tres componentes: bienestar social, economía local y entorno (ONGAWA). Registra las consecuencias medibles del desarrollo económico en la sociedad, en los cuales se pueden ver afectados de manera negativa en la cultura, derechos, laboralmente, etc.

### **V. Resolución 1084 de 2018**

Es una resolución mediante la cual establece el Ministro de Ambiente y desarrollo sostenible las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y recursos naturales renovables. (Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

### **VI. Guía de aplicación de la valoración de costos ambientales-Oficina de Negocios verdes y sostenibles 2018**

En este documento se expresan las metodologías de valoración de costos económicos por el deterioro de los recursos ambientales, la conservación de estos y de los recursos renovables con el objetivo de la toma de decisiones, fundamentadas en la Economía del bienestar y en la Economía neoclásica, los servicios ecosistémicos son clasificados en servicios de provisión, regulación y culturales. Es una orientación de aplicación de metodologías valorativas disponibles.

La metodología implementada es la valoración económica de bienes y servicios ambientales a partir de las variaciones de bienestar social que surgen a raíz de cambios en la calidad ambiente, se identifica el servicio eco sistémico afectado positiva o negativamente, población afectada y la información disponible para determinar el tipo de metodología a aplicar, posteriormente se selecciona la muestra (diseño econométrico, disminución de fuentes de error y medición), adicionalmente, se cuenta con ciertas prácticas para cada metodología que garantiza la calidad de la información.

La valoración económica ambiental permite estimar los beneficios y costos asociados a los cambios en los ecosistemas que afectan el bienestar social, al conmensurar las variaciones del bienestar a través de unidades monetarias. Una vez cuantificadas, estas afectaciones pueden ser incorporadas como indicadores que aportan información en los procesos de toma de decisiones relacionadas con la evaluación social de proyectos o políticas públicas; en particular, aquellas decisiones relacionadas con el aprovechamiento sostenible del ambiente y la conservación de los recursos naturales. (Colombia y Ambiente).

Emitida por la Oficina de Negocios verdes y sostenibles (Gobierno de Colombia y Ministerio de Ambiente, en este documento se establece la importancia de la valoración económica ambiental para la toma de decisiones de recursos naturales al poseer indicadores que permiten analizar y evaluar la viabilidad de políticas, planes, programas y proyectos, adicionalmente, se puede establecer una matriz valorativa del capital natural para la conservación y uso que fomente el bienestar social de las comunidades, se establecen los usos y limitantes de este tipo de valoración, tal como lo indica el documento guía.

Las bases teóricas en que se fundamenta es la economía del bienestar y neoclásica, a partir de allí se identifican los valores monetarios de servicios ecosistémicos con la finalidad de la hacer una distribución eficiente de los recursos considerados como escasos para mejorar maximizar el beneficio de la sociedad, por ende, es necesario identificar la metodología que mejor se adapta para cada caso específico de valoración ambiental debido a la diversidad applicativa. Es fundamental entender que las diferentes metodologías de valoración económica ambiental permiten identificar diferentes tipos de valor, así que existe un campo de aplicación para cada una de ellas, que debe ser tenida en cuenta a la hora de elegir la metodología más adecuada en cada caso (Colombia y Ambiente).

Figura 2

Tomada de Guía de Aplicación de la Valoración Económica Ambiental



Fuente: elaboración propia a partir de la Guía de Aplicación de VEA del MADS.

Las metodologías propuestas en este documento se clasifican en dos grupos:

Tabla 1

Metodologías valoración con base en tabla guía de valoración económico ambiental (Colombia y Ambiente)

Costos de viaje	
Precios hedónicos	Propiedades
	Salarios
Métodos de preferencias reveladas	Cambios en la productividad
	Costos evitados o inducidos
	Costos de producción
Gastos actuales o potenciales	Costos en salud
	Gastos de prevención, restauración y reemplazo
	Gastos defensivos
	Proyectos sombra

<b>Costos de viaje</b>	
Métodos de preferencias declaradas	Valoración Contingente
	Experimentos de elección y valoración conjoint
<b>Transferencia de beneficios</b>	

Fuente: elaboración propia.

La aplicación de estas metodologías consiste en tres pasos según el documento:

Tabla 2

Metodologías valoración con base en tabla guía de valoración económico ambiental (Colombia y Ambiente)

<b>Pasos</b>	
1. Identificación y caracterización	Caracterizar el problema de interés
	Identificar el objetivo.
	Definir el ámbito de aplicación.
	Identificar y priorizar los servicios ecosistémicos.
	Identificar y caracterizar la población involucrada.
2. Selección de metodología de valoración	Establecer la necesidad de estimación de valores de uso o no uso.
	Selección de metodología de valoración adecuada.
	Obtención de información disponible de calidad.
3. Aplicación de la metodología de valoración y estimación de valor.	Revisión de mejores prácticas.
	Selección muestra.
	Minimización de sesgos y fuentes de error.
	Definición de especificaciones del modelo econométrico o estadístico.
	Interpretación de resultados.

Fuente: elaboración propia.

## VII. Marco legal del control fiscal ambiental en Colombia

En este documento emitido por la Contraloría General de la República a raíz de la inclusión del desarrollo sostenible en los procesos económicos, regulando la normatividad ambiental del país, requisitos incluidos en la Constitución Política de Colombia se fomenta la regulación ambiental basada en la necesidad de alinearse a los parámetros de las dinámicas internacionales. De esta manera, la legislación ambiental se articula en la conservación, administración o manejo, vigilancia y control y sanción de la normativa ambiental.

La Contraloría General de la República busca la implementación de procedimientos de control fiscal que mitiguen el daño ambiental durante el desarrollo económico del país, argumenta que “una cosa es exigir que se incluya la valoración de los costos ambientales por parte de los dueños de los proyectos económicos sean públicos o privados y por parte de las autoridades ambientales en su régimen de permisos y licencias, y otra cosa muy distinta es hacerlo por quien le corresponde por mandato legal” (Contraloría General de la República).

### B. Estándares

#### I. Memorias de sostenibilidad

*Global Reporting Initiative* busca generar estándares de carácter internacional para establecer una metodología uniforme tanto cualitativa como cuantitativa, enfocados principalmente en tres ejes desde una perspectiva de responsabilidad social empresarial y sostenibilidad: sociedad, medio ambiente y economía. Conocidos como reportes GRI o Memorias de Sostenibilidad, este tipo de reportes es de aplicación voluntaria, tal como lo afirma el marco, guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad y busca satisfacer la necesidad informativa de los grupos de interés que genere confiabilidad. “La misión de *Global Reporting Initiative* (GRI) es satisfacer esta necesidad proporcionando un marco fiable y creíble para la elaboración de memorias de sostenibilidad que pueda ser utilizado por las organizaciones con independencia de su tamaño, sector o ubicación” (Global Reporting Initiative, 2006).

La metodología implementada en los GRI consiste en la rendición de cuentas en la triple línea de resultados reconociendo los impactos vinculando a los *Stakeholders* en la gestión y reporte en términos

económicos, ambientales y sociales, la implementación de este tipo de reportes se puede dar en distintos niveles aplicativos (principiantes, clase intermedia o expertos), cada entidad genera una autovaloración clasificada en (A,B,C) que corresponde a un cumplimiento mínimo de indicadores y si posee evaluación por un tercero es acompañado por un “+”, comprendiendo de esta manera la medición, divulgación y rendición de cuentas a grupos de interés (Villegas, 2012). Dentro de una de las formas de implementación de los reportes GRI se encuentra el Lenguaje XBRL como alternativa tecnológica a la dinamización de la generación de reportes ambientales-sociales-económicos. (Iniciative, 2016-2018)

- **Lenguaje XBRL** (*Extensible Business Reporting Language*): Preparación de informes de memorias de sostenibilidad con lineamientos del modelo XBRL que es un lenguaje extensible de informes de negocios, surgió en 1998, aplicado a los GRI permite simplificar la automatización del intercambio de información financiera en lenguaje XML para emitir, transmitir y posibilitar información económica, social y ambiental, con la finalidad de estandarizar el formato con el cual se emite dicha información. (Kimura y Escobar, 2010).

## II. ISO 14000

Es un indicador de protección ambiental universal, la ISO (*International Organization for Standardization* - Organización Internacional para la Normalización) desarrollo este estándar a partir de la invitación de participación a la cumbre para la tierra (Conferencia realizada en Río de Janeiro Brasil sobre el medio ambiente y desarrollo en 1992), a raíz de la cual surgió el compromiso de creación de normativas ambientales internacionales. Es una norma certificable aplicable voluntaria a las empresas que permite estandarizar las normas de gestión ambiental (Gestión de Sistemas medio ambientales- EMS) que permiten el desarrollo económico, protegiendo al mismo tiempo al ambiente y sociedad aumentando la calidad y competitividad del mercado. Como lo indica la norma ISO está compuesta por una serie de normas de gestión ambiental:

Tabla 3  
Composición ISO 14000 SGA

ISO	Año	Nombre	Concepto
14001	2004	Sistemas de gestión ambiental	Requisitos con orientación para el uso de Sistemas de Gestión Ambientales, su uso de manera eficiente, promoviendo el equilibrio entre el desarrollo económico y el medio ambiente, mitigando los efectos negativos causados al ambiente, ligado a la correspondiente legislación.
14004	2004	Sistemas de gestión ambiental	Guía con las directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo para la implementación de los Sistemas de Gestión Ambientales.
14011	2002	Guía para las auditorías de sistemas de gestión de calidad o ambiental	Criterios para auditar sistemas de gestión ambiental y requisitos para auditores.
14020	2003	Etiquetado y declaraciones ambientales	Principios generales para la solicitud de etiqueta ecológica y declaraciones ambientales para la mejora ambiental del ciclo de vida del producto.
14021	2016	Etiquetado y declaraciones ambientales	Etiquetado ecológico Tipo II- Auto declaraciones medioambientales.
14024	2018	Etiquetado y declaraciones ambientales	Etiquetado ecológico Tipo I.
14025	2006	Etiquetado y declaraciones ambientales	Declaraciones ambientales Tipo III.
14031	1999	Gestión ambiental	Directrices de medición del desempeño ambiental.
14032	2004	Gestión ambiental	Ejemplos de evaluación del rendimiento ambiental (ERA).



14040	2006	Gestión ambiental	Evaluación del ciclo de vida - Marco de referencia.
14041	1999	Gestión ambiental	Análisis del ciclo de vida. Definición de la finalidad y el campo y análisis de inventarios.
14042	2001	Gestión ambiental	Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida.
14043	2001	Gestión ambiental	Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida.
ISO/TR 14047	2003	Gestión ambiental	Evaluación del impacto del ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de ISO 14042.
ISO/TR 14048	2002	Gestión ambiental	Evaluación del ciclo de vida. Formato de documentación de datos.
ISO/TR 14049	2002	Gestión ambiental	Evaluación del ciclo de vida. Ejemplos de la aplicación de ISO 14041 a la definición de objetivo y alcance y análisis de inventario.
14062	2002	Gestión ambiental	Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de los productos.

Fuente: elaborado con base en Ecured (s.f.) y Normas ISO, (s.f.).

### III. ISO AA1000

Es un estándar de normas *Accountability* voluntarias de carácter internacional basada en el principio de inclusión en la rendición de cuentas sobre aspectos sociales y éticos, tuvo su primera aparición el 1999, su publicación fue realizada en 2003 para revisión y debate, a consecuencia de esto se establece que los objetivos son basados en la participación de grupos de interés (principio de inclusión) y la gestión del aseguramiento de la sostenibilidad (principios de relevancia, exhaustividad y capacidad de respuesta).

“Estos principios formaron parte del núcleo de la Norma de Aseguramiento AA1000AS publicada en 2003, AA1000AS (2003), y la Norma de Compromiso 2 con los Grupos de Interés publicada en 2005, AA1000SES (2005). La Nota de Apoyo sobre la aplicación de los principios en relación con la AA1000AS (2003) publicada en 2006, clarificó aún más estos principios. (AccountAbility, 2008).

Tabla 4  
Composición ISO AA1000

ISO AA1000				
ISO	Tipo	Año	Nombre	Concepto
AA1000APS	Norma	2008	Principios de AccountAbility	Establece los principios del compromiso de los grupos de interés, cobertura y flexibilidad aplicativa.
AA1000 AS	Norma	2008	Aseguramiento	Establece la utilización, la aceptación y realización de encargo de implementación normativa.
AA1000SES	Norma	2005	Compromisos de los grupos de interés	Establece los principios y requisitos de compromiso de grupos de interés.
	Manual		Se explica el desarrollo de compromiso de grupos de interés a través de guías paso a paso.	
	WikiHub		Base de datos que permite acceder a información de manera oportuna del compromiso de grupos de interés.	

Fuente: elaborado con base en (AccountAbility, 2008).

#### IV. ISO 26000

Es una guía voluntaria internacional aplicable al sector público y privado de responsabilidad social empresarial o corporativa (RSE-RSC) y carece de certificación que surgió en el 2010. Esta norma implementa una serie de materias fundamentales para la sostenibilidad empresarial con el medio ambiente y la sociedad entre los que se encuentra: Gobernanza de la organización, derechos humanos, prácticas laborales, medio ambiente, prácticas justas de operación, asuntos de consumidores, participación y desarrollo de comunidad.

#### C. Normativas

##### I. Constitución Política de Colombia

La corte constitucional de Colombia en la Sentencia C-595 reveló un total de 33 disposiciones constitucionales que aporta a la regulación entre la sociedad-naturaleza. Involucra aspectos relacionados con el manejo, uso, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, el equilibrio

de los ecosistemas, la protección de la diversidad biológica y cultural, el desarrollo sostenible, y la calidad de vida del hombre entendido como parte integrante de ese mundo natural, temas, que entre otros, han sido reconocidos ampliamente por nuestra Constitución Política en muchas normas que establecen claros mecanismos para proteger este derecho y exhortan a las autoridades a diseñar estrategias para su garantía y su desarrollo (Corte Constitucional, 2010). De esta manera se demuestra la relevancia para Colombia el interés de la conservación ambiental, en la Constitución Política de Colombia encontramos los siguientes artículos relacionados con la defensa del ambiente que implican a que sea catalogada como una constitución ecológica:

Tabla 5  
Artículos Constitución Ecológica de Colombia

Artículo	Concepto
Art 8	Determina la obligación del Estado y de las personas a la protección de riquezas naturales y culturales de la Nación.
Art 49	El Estado está a cargo del saneamiento ambiental como servicio público.
Art 58	Función ecológica inherente de la propiedad ya que cumple con una función social.
Art 66	Reconocimiento de calamidades ambientales que pueden surgir a la hora del reconocimiento de créditos agropecuarios como condiciones especiales.
Art 67	La protección del ambiente desde la parte educativa como parte del proceso de formación.
Art 79	El derecho del goce a un ambiente sano, para esto la comunidad puede participar en la toma de decisiones que afecten este derecho y el Estado debe proteger la diversidad e integridad ambiental, conservar áreas ecológicas importantes y el fomento de la educación para la protección ambiental.
Art 80	El Estado debe planear y aprovechar los recursos naturales con sostenibilidad, buscando la conservación, restauración o sustitución, para que de esta manera se pueda mitigar el deterioro ambiental, adicionalmente, debe imponer sanciones legales para la reposición de daños causados, junto con la colaboración de otras naciones para la protección ambiental de los ecosistemas ubicados en frontera.

---

Art 81	Regulación de armas químicas, biológicas y nucleares, así como los residuos de estos materiales, el ingreso de recursos genéticos y la utilización debe ser regulado y con base al interés nacional.
Art 82	El Estado como encargado de la protección del espacio público y la prevalencia del uso común sobre el interés particular.
Art 88	La acción popular como mecanismo de protección de derechos e intereses colectivos, donde se incluye el ambiente.
Art 95-8	Deber de protección de recursos ambientales y culturales del país por parte de los ciudadanos, velando por la conservación ecológica.
Art 150-7	La reglamentación y funcionamiento de las corporaciones autónomas regionales como parte de las funciones del Congreso.
Art 215	Declaratoria de emergencia ecológica por el Presidente de la República y sus ministros.
Art 266	Promoción de internacionalización de relaciones ecológicas basadas en equidad, reciprocidad y conveniencia nacional por parte del Estado
Art 267-3	La gestión fiscal del Estado debe incluir control financiero, de gestión y resultados donde se ejecute la valoración de costos ambientales.
Art 268-7	Informe anual del estado de los recursos naturales del país por parte del Contralor General al Congreso.
Art 277-4	Es función del Procurador General la defensa de los intereses colectivos.
Art 288-5	El defensor del Pueblo debe cumplir la función de implementación de acciones populares llegado el caso.
Art 289	Programas de cooperación e integración para la preservación del medio ambiente por parte de departamentos y municipios fronterizos ante la entidad territorial de igual nivel del otro país.
Art 300	Capacidades y competencias departamentales de gestión administrativa y fiscal para la mejora administrativa o prestación de servicios públicos basándose en las circunstancias ecológicas.
Art 300-2	Competencia regulativa del ambiente que poseen las asambleas departamentales.
Art 310	La preservación del ambiente y recursos naturales como parte del régimen especial de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
Art 313-9	Los consejos municipales deben emitir normas de control, preservación y defensa de la riqueza ecológica.

---

---

---

Art 317	Con la finalidad de la conservación del ambiente y los recursos naturales se destina un porcentaje de los tributos municipales a las entidades encargadas del cumplimiento de estas funciones.
Art 330/1-5	Normas de uso de suelo y preservaciones recursos naturales en los territorios indígenas por parte de los Consejos.
Art 331	Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena es la encargada de aprovechar y preservar el ambiente y recursos ictiológicos.
Art 332	Propiedad del subsuelo y recursos naturales renovables por parte del Estado.
Art 333	Función social de la empresa que la conlleva a contraer obligaciones, delimitando la libertad económica cuando afecte el interés social, ambiental y cultural.
Art 334	En la explotación de recursos naturales puede intervenir el Estado para la mejora de calidad de vida, distribución de oportunidades de los ciudadanos y la preservación del ambiente.
Art 339	Denota la necesidad de inclusión en el Plan Nacional de Desarrollo de políticas ambientales.
Art 340	Participación de representantes de sectores ecológicos y otros grupos participativos en el Consejo Nacional de Planeación.
Art 361	Implementación de los recursos del Fondo Nacional de Regalías para la preservación y el cuidado del ambiente.
Art 366	Dentro de las funciones sociales del Estado se encuentra el saneamiento ambiental

---

Fuente: elaborado con base en (Corte Constitucional, 2010).

## II. Ley 99 de 1993 (Actualización 26 junio 2019)

Mediante esta ley se crea el Ministerio del Medio ambiente y desarrollo, son establecidos los objetivos, funciones y estructura que debe desarrollar esta entidad; se genera un reordenamiento del sector público que gestiona y conserva en medio ambiente y los recursos naturales renovables, el Sistema Nacional Ambiental es reorganizado. Establece unos fundamentos de política ambiental colombiana donde aclara que el desarrollo económico y social será regido por los principios universales de la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Se crea el Consejo Nacional de Medio Ambiente para lograr una coordinación intersectorial de políticas, planes y programas ambientales y de recursos renovables, son establecidas unas funciones y un apoyo científico y técnico del ministerio por parte de las entidades adscritas y vinculadas al Ministerio de Medio Ambiente.

### III. Ley 42 de 1993

En esta ley se determina los fundamentos y los principios generales de la política ambiental colombiana, modalidades, sistemas y procedimientos técnicos de control fiscal ambiental. La función del Ministerio de ambiente como órgano encargado de la gestión ambiental y de recursos naturales renovables, que impulsa y crea armonía entre la sociedad-naturaleza basándose en los derechos establecidos en las leyes colombianas. Se determina el concepto de desarrollo sostenible: “Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades” (Congreso de Colombia, 2019).

### Conclusión

De esta manera trae a reflexión el Marco legal del control fiscal ambiental en Colombia la importancia de determinar ¿A quién le corresponde la valoración de los costos ambientales? (Contraloría General de la República). ¿Podemos dejar al funcionamiento de los mercados la responsabilidad de las empresas? ¿Son las fuerzas del mercado suficientes como para estimular comportamientos responsables? ¿Hay compatibilidad entre el bien individual y el bien común? En principio, en un mercado perfecto, las respuestas serían positivas. Si la sociedad desea empresas responsables, las irresponsables dejarían de existir. Lamentablemente los mercados distan mucho de ser perfectos y el bien individual se antepone al bien común. De allí la necesidad de promover leyes y regulaciones que compensen por las imperfecciones de los mercados. (Vives y Vara, 2011).

Es necesario generar una reflexión de las metodologías propuestas como mecanismo de rendición de cuenta ambiental, ya que carecemos de una vi-

sión que permita la toma de decisiones verdaderamente eficientes respecto a la mejora de la calidad del ambiente y por ende del ser humano. Es una cuestión más que de protección ambiental, de supervivencia.

“La persona es el sujeto, la razón de ser y fin último del poder político por lo que se constituye en norte inalterable en el ejercicio del poder y su relación con la sociedad. Es a partir del respeto por la vida humana que adquiere sentido el desarrollo de la comunidad y el funcionamiento del Estado.

La Constitución muestra igualmente la relevancia que toma el medio ambiente como bien a proteger por sí mismo y su relación estrecha con los seres que habitan la tierra.

La conservación y la perpetuidad de la humanidad dependen del respeto incondicional al entorno ecológico, de la defensa a ultranza del medio ambiente sano, en tanto factor insustituible que le permite existir y garantizar una existencia y vida plena. Desconocer la importancia que tiene el medio ambiente sano para la humanidad es renunciar a la vida misma, a la supervivencia presente y futura de las generaciones.” (Corte Constitucional República de Colombia, 1992).

## Referencias

- (10 de 07 de 2018). Obtenido de [https://fumigacionessanam.com.ar/pdf/ISO\\_14000-guia.pdf](https://fumigacionessanam.com.ar/pdf/ISO_14000-guia.pdf).
- AccountAbility. (2008). *Norma de Principios de AccountAbility AA1000aps*. Madrid: MAS Business.
- Accountability. (2015). *AA1000 Stakeholder Engagement Standard*. Obtenido de <http://www.mas-business.com/docs/AA1000SESenespanol.pdf>.
- Alcaldía de Santiago de Cali, Cali progresa contigo y DAGMA. (2011). *Huella de ciudades*. Obtenido de <https://huelladeciudades.com/AppHHCali/main.html#quees>.
- Alier, J. M. (2015). Ecología política del extractivismo y justicia socio-ambiental. *Dossier*, 57-73.
- Colombia, G. d., y Ambiente, M. d. (s.f.). *Guía de aplicación de la valoración económica ambiental*. Colombia: Gobierno de Colombia; Ministerio de Ambiente.

- Congreso de Colombia. (2019). Obtenido de Congreso de la República de Colombia: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0099\\_1993.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html).
- Contraloría General de la República. (s.f.). *Marco legal del control fiscal ambiental en Colombia y la valoración de costos ambientales*. Bogotá: Contraloría de Bogotá.
- Corte Constitucional. (2010). Obtenido de Corte Constitucional: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2010/c-595-10.htm>.
- Corte Constitucional República de Colombia. (1992). *Sentencia T-411*. Bogotá: Corte Constitucional República de Colombia.
- Ecured. (s.f.). *EcuRed: Enciclopedia cubana*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Normas\\_ISO\\_14000](https://www.ecured.cu/Normas_ISO_14000).
- Flórez, E. (26 de Agosto de 2011). *Actualícese*. Obtenido de Dr. Edmundo Flórez.
- Global Reporting Initiative. (2006). *Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad*. Obtenido de [http://www.mas-business.com/docs/G3\\_SP\\_RG\\_Final\\_with\\_cover.pdf](http://www.mas-business.com/docs/G3_SP_RG_Final_with_cover.pdf).
- Hoekstra, A. (s.f.). Instituto de Educación del Agua-UNESCO.
- Initiative, G. R. (2016-2018). *GRI Empowering Sustainable Decisions*. Obtenido de <https://www.globalreporting.org/standards>.
- Kimura, E. B., y Escobar, D. S. (Octubre de 2010). *Foro Virtual de Contabilidad Ambiental y Social*. Obtenido de [http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2017/04/SUÁREZKIMURA\\_ESCOBAR\\_Analisis\\_XBRL\\_GRI.pdf](http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2017/04/SUÁREZKIMURA_ESCOBAR_Analisis_XBRL_GRI.pdf).
- Mattessich, R. (2002). *Contabilidad y métodos analíticos: medición y proyección del ingreso y la riqueza en la microeconomía y en la macroeconomía*. Buenos Aires: La Ley.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (12 de Julio de 2019). Obtenido de Minambiente: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/465->.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (12 de Julio de 2019). *Minambiente*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/>



[index.php/component/content/article?id=157:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-10](http://index.php/component/content/article?id=157:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-10).

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (13 de Junio de 2018). ANDI. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/Resoluci%C3%B3n%201084%20del%2013%20de%20junio%20de%202018.pdf>.

Molero García, G. J. (2016). La responsabilidad social empresarial en el contexto del capital social. *Omnia*, 46-59.

Normas ISO. (s.f.). ISO Tools. Obtenido de <https://www.isotools.org/normas/>.

Oficina de nefocios verdes y sostenibles, Gobierno de Colombia, Ministerio de Ambiente. (2018). Guía de Aplicación de la Valoración Económica Ambiental. Bogotá, Colombia.

ONGAWA. (s.f.). *Fundación Seres*. Obtenido de <https://www.fundacion-seres.org/Lists/Informes/Attachments/1093/140115%20La%20Huella%20Social%20de%20las%20Empresas.pdf>.

Porto, J. P., y Merino, M. (2013). *Definición. DE*. Obtenido de <https://definicion.de/reporte/>.

Real Academia Española. (s.f.). *Diccionario Español Jurídico*. Obtenido de <https://dej.rae.es/lema/informe>.

Universidad Gran Colombia Armenia. (2018). *Condiciones de calidad para la renovación de registro calificado*. Armenia: UGCA.

Villegas, M. G. (2012). Los informes de responsabilidad social empresarial: su evolución y tendencias en el contexto internacional y colombiano. *Cuadernos de Contabilidad*, 121-158.

Vives, A., y Vara, E. P. (2011). *La responsabilidad social de la empresa en América Latina*. Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN) y Banco Interamericano de Desarrollo.

Wackernagel, M., y Ree, W. (2001). *Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Santiago: IEP/Lom Ediciones.



## Capítulo 7.

# Metodología para el monitoreo preventivo de incendios forestales usando un vehículo aéreo no tripulado en los Cerros Tutelares de Cali

*Mike Steeven Ortega Madroñero*  
Universidad Santiago de Cali  
[mike.ortega00@usc.edu.co](mailto:mike.ortega00@usc.edu.co)

*Dr. Felipe Muñoz La Rivera*  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile  
<https://orcid.org/0000-0002-6674-2168>  
[felipe.munoz@pucv.cl](mailto:felipe.munoz@pucv.cl)

*Dr. Javier Ferney Castillo García*  
Universidad Santiago de Cali  
<https://orcid.org/0000-0002-0630-3198>  
[javier.castillo00@usc.edu.co](mailto:javier.castillo00@usc.edu.co)

*Cita este capítulo:*

Ortega Madroñero, M. S.; Muñoz La Rivera, F. y Castillo García, J. F. (2022). Metodología para el monitoreo preventivo de incendios forestales usando un vehículo aéreo no tripulado en los Cerros Tutelares de Cali. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroñero, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 173-212). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Resumen

El propósito de este artículo es brindar una metodología de vuelo con un vehículo aéreo no tripulado (VANT), específicamente con un dron mavic 2 enterprise advanced de la empresa mundialmente reconocida DJI, metodología que será propuesta para el monitoreo de los cerros tutelares de la ciudad de Cali en aras de reducir el porcentaje de incendios que en estos se presentan, principalmente en la época seca del año, estará enfocado en la prevención de principio de incendio o foco de incendio con tomas fotográficas, utilizando la cámara térmica que el VANT tiene incorporada, de esta manera determinar si las condiciones del terreno serían propicias para iniciar algún incendio. Para el procesamiento de las imágenes obtenidas se hará uso del software Agisoft Metashape Professional, con el cual se puede obtener un plano en tres dimensiones a partir de las imágenes obtenidas con el dron. Para evidenciar la metodología antes mencionada, se mostrará un ejemplo práctico, el cual, se realizará en un cerro tutelar de Cali con el VANT, obteniendo de este vuelo una serie de imágenes térmicas georreferenciadas, las cuales serán procesadas con el software antes mencionado en este apartado, en este ejemplo práctico se hará uso de los conocimientos adquirido desde una revisión bibliográfica de investigaciones relacionadas a este tema, esto, con el objetivo de obtener diversas perspectivas que puedan aportar de manera directa en el desarrollo de este documento. A partir de lo anterior se podrá mostrar una comparación de las imágenes 3d y de manera cualitativa definir qué zonas del terreno pueden ser conatos de incendio.

**Palabras clave:** Vehículo aéreo no tripulado (VANT); incendio forestal; cámara térmica, metodología de vuelo.

## Abstract

The purpose of this article is to provide a methodology of flight with an unmanned aerial vehicle (UAV), specifically with a dron mavic 2 enterprise advanced of the world-renowned company DJI, methodology that will be proposed for monitoring the tutelary hills of the city of Cali in order to reduce the percentage of fires that occur in these, It will be focused on the prevention of the beginning of a fire or fire focus with photographic shots, using the thermal camera that the UAV has incorporated, in order

to determine if the terrain conditions would be conducive to start a fire. For the processing of the images obtained, use will be made of the Agisoft Metashape Professional software, with which a three-dimensional plan can be obtained from the images obtained with the Dron. To demonstrate the aforementioned methodology, a practical example will be shown, which will be performed in a tutelary hill of Cali with the UAV, obtaining from this flight a series of georeferenced thermal images, which will be processed with the software mentioned above in this section, in this practical example will be used the knowledge acquired from a literature review of research related to this topic, this, with the aim of obtaining various perspectives that can contribute directly in the development of this document. From the above, it will be possible to show a comparison of the 3D images and qualitatively define which areas of the terrain may be fire outbreaks.

**Keywords:** Unmanned aerial vehicle (UAV), forest fire, thermal camera, flight methodology.

## Introducción

La orografía tan variada de los territorios, además de las cambiantes condiciones climáticas, las cuales, representan diversidad en las diferentes zonas del país. En este sentido, el monitoreo de los diferentes tipos de terreno es primordial al momento de identificar diferentes hechos y fenómenos naturales que puedan presentarse. Los fenómenos naturales se entienden como los sucesos y cambios que ocurren en la naturaleza, tales como los huracanes, erupciones volcánicas, sequías, tsunamis, entre otros, los cuales, no son causados de forma directa por los seres humanos, sin embargo, estos acontecimientos pueden llegar a influir la vida humana de forma positiva, negativa o no influir (Rodríguez, 2021). A partir de lo anterior, entender que la vida humana también hace parte de la naturaleza es fundamental, puesto que, en ocasiones han sido las prácticas y actividades de los humanos las que han generado un desequilibrio en el planeta, por ejemplo, la inundación de una llanura aluvial por el desbordamiento de un río es un fenómeno natural, sin embargo, la presencia de asentamientos en la zona es lo que crea la posibilidad de un desastre.

En relación a lo anterior, un desastre natural se define como un evento catastrófico causado por un fenómeno de la naturaleza, el cual, provoca

todo tipo de daños para la humanidad y el planeta (UNDRR, s.f.) Por eso es de gran importancia abordar uno de los desastres naturales que deja gran cantidad de secuelas tanto a nivel ambiental como el riesgo para los seres vivos que allí habitan, estos son los incendios forestales, que se entienden como fuego que se propaga de forma desenfrenada sin ser deseado, en otras palabras, Minambiente (como se citó en IDIGER, 2000) afirma que los incendios forestales son “Fuego que se extiende libremente sin control ni límites preestablecidos, destruyendo vegetación viva o muerta en terrenos de aptitud preferiblemente forestal o que sin serlo están destinados a actividades forestales y en áreas de importancia ambiental.”, aquí es donde radica la importancia de la detección temprana de este evento, debido que, lograr una detección oportuna podría prevenir el inicio o la propagación de este desastre.

A partir de lo anterior, los incendios ponen en peligro el medio ambiente, las personas, la vida natural y los diferentes tipos de bienes materiales, por lo tanto, el uso de la tecnología de drones en la prevención de incendios resulta ser de gran importancia, puesto que, los altos índices de estos eventos, que en ocasiones además suelen ser difíciles de detectar a tiempo se convierten en una gran problemática. Por consiguiente, un dron que sea capaz de capturar la información para poder analizarla en tiempo real y definir parámetros que indiquen la probabilidad de un incendio representa un aporte significativo para los entes encargados de prevenir y controlar estos desastres naturales. En otras palabras, un dispositivo capaz de cumplir con las exigencias necesarias para detectar este fenómeno representa un hecho fundamental, puesto que, existe una variedad de aspectos que ocasionan dificultades al momento de intervenir en estos eventos, “Un Incendio Prevenido, es un fuego que no hay que apagar” (Bonilla Roberto, 2001).

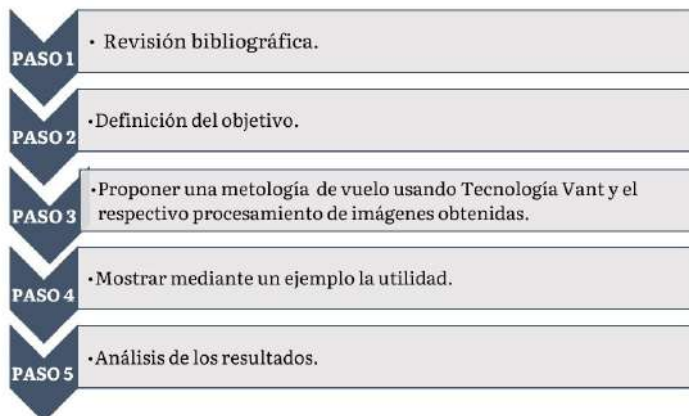
Este capítulo está organizado en secciones, donde en la sección 1 es presentada la introducción y los aspectos teóricos que enmarcan este documento. La sección 2 muestra los antecedentes y el estado del arte con relación al monitoreo preventivo de incendios usando drones. En la sección 3 es presentada la metodología propuesta para el monitoreo preventivo, la sección 4 corresponde a la implementación de la metodología propuesta en los cerros tutelares de la ciudad de Cali, Colombia y por último en la sección 5 y 6 son presentados los resultados y discusión de la solución propuesta. Finalmente, este documento tiene como alcance mostrar que las tecnologías VANT (vehículo aéreo no tripulado) son una herramienta eficaz y segura para las labores de prevención y monitoreo de terrenos

propensos a incendios, lo cual, pueda representar una ayuda significativa a los cuerpos encargados de sobrellevar estas emergencias. A partir de lo anterior, en este capítulo se tendrá en cuenta un modelo específico de dron “DJI Mavic2enterpriseadvanced”, el cual, cumple con unas especificaciones de fábrica adecuadas para la toma de fotos del espectro calórico.

## Marco teórico

Para el desarrollo de la investigación se tuvo una metodología aplicada en cinco pasos, en donde, el primer paso consto de una revisión bibliográfica referente a la problemática, identificando en esta los principales causantes de inicios de incendios forestales, las referencias bibliográficas se obtuvieron de páginas web, bases de datos como Scopus, entre otras; en segundo paso, se definió el objetivo al cual se pretende llegar, dando una posible solución desde el uso de un VANT (vehículo aéreo no tripulado), debido que, la aplicación de nuevas tecnologías como los drones y la fotogrametría pueden ayudar de manera significativa a la prevención de incendios forestales; seguido de esto, en el tercer paso, se propuso una metodología para la utilización de estas tecnologías, mostrando en esta las características, planes de trabajo y diferentes procesos para realizar una inspección a terrenos propicios a incendios; en cuarto paso, se pretende mostrar mediante un ejemplo la utilidad del método propuesto y por último, se analiza los resultados obtenidos.

Figura 1  
Pasos de la metodología de la investigación



Fuente: elaboración propia.

**Incendios forestales:** los incendios forestales son la problemática a abordar, teniendo en cuenta, que no se realizará en su fase de control sino en la prevención, es decir, se abordará desde la detección temprana del principio de incendio. El término incendios forestales se refiere a los incendios que ocurren en los ecosistemas terrestres y se propagan por la vegetación, sean bosques o de cualquier otro tipo (sabanas, matorrales, pastizales, humedales etc.), es decir, se podrían denominar incendios de monte o incendios de vegetación. Los incendios forestales se extienden y propagan sin ningún control humano, (Juli C. Pausas, 2020), el principio de incendio se define como: el primer instante de un incendio o fuego que empieza a manifestarse, por ende es un fuego fácil de extinguir antes de que este empiece a crecer.

**Cámara térmica:** para este caso este dispositivo es de vital importancia, puesto que, será la encargada de detectar la radiación infrarroja de los objetos calientes y convertirlos en imágenes, por lo tanto, es la que brindará información en tiempo real para la respectiva toma de decisiones. La toma de imágenes de calor usando cámaras térmicas no se afectará por las condiciones de iluminación presentes, ya sean estas condiciones, poca luz o sin luz completamente. De esta manera, las imágenes obtenidas con una cámara térmica se ven menos afectadas por condiciones climáticas adversas, como, por ejemplo: nieve, niebla y lluvia, gracias a esto, este tipo de cámaras puede funcionar de manera óptima en cualquier momento y lugar. En relación a lo anterior, este dispositivo electrónico tiene la capacidad de medir la radiación térmica de los cuerpos y la transforma en imágenes visibles de diversos colores, que están ordenados por su temperatura. Usualmente, estos dispositivos electrónicos perciben longitudes de ondas entre 8  $\mu\text{m}$  y 15  $\mu\text{m}$ . Además, las imágenes obtenidas de estos dispositivos se pueden medir de manera cualitativa y cuantitativa, como se explica a continuación:

**Medidas Cualitativas:** son imágenes que evidencian diversos colores, los cuales, sirven para identificar los puntos más calientes.

**Medidas Cuantitativas:** son valores numéricos y exactos de temperatura de los puntos calientes. (Olarde W., 2011).

**Drone Mavic2 enterprise advanced:** este VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) será usado por el ponente de este trabajo para la toma de imágenes de un cerro tutelar de Cali. Este dispositivo cuenta con



características óptimas para realizar misiones de manera profesional, para este caso, se mencionará las más importantes para el trabajo a realizar, como se evidencian en la Tabla 1:

**Tabla 1**  
*Características del dron mavic2 enterprise advanced*

mavic 2 enterprise advanced		
dimensión	alas plegadas	214 * 91 * 84 mm
	alas abiertas	322 * 342 * 84 mm
	longitud de diagonal	354mm
peso		895 grs
batería		lipo 3850 mAh
altitud máxima de vuelo		6000 m sobre el nivel del mar
distancia máxima de vuelo		30 km
<b>cámara térmica radiométrica</b>	640 x 512 Px	
resolución del sensor	120x160	
tamaño del pixel	12 micras	
tamaño de imagen	640 x 480(4:3)	
	640 x 360(16:9)	
longitud focal	equivalente al formato 9mm y 35mm	
<b>cámara visual</b>	48 megapíxeles	

Fuente: Adaptado de (DJI, s.f) <https://www.dji.com/mavic-2-enterprise-advanced>.

## Antecedentes

Existen diferentes tipos de tecnologías que se utilizan para el control y detección de incendios, las cuales se pueden discriminar según la fase en que este se encuentre, ya sea en su inicio, durante o después. En relación al inicio las más empleadas son las terrenas, consisten en una red de torres equipadas de cámaras térmicas y ópticas ubicadas estratégicamente a lo largo de un terreno, que brindan información en tiempo real, teniendo en cuenta, que su alcance es de 20 km con un ángulo de 360°. Por otro lado, existen las plataformas satelitales que tienen como función detectar los puntos calientes, mediante la detección de energía liberada en el infrarrojo lejano, infrarrojo medio e infrarrojo cercano. Es de resaltar que este tipo de tecnologías presentan limitaciones en la moderada resolución espacial, lo cual, afecta principalmente a la detección de inicio de focos de incendios. A partir de lo anterior, para

mitigar esas limitaciones se optó por usar la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT), los cuales brindan una mejor resolución de la imagen (Lencinas, Parodi, Van den Heede, Heitzmann, 2016).

Madridano, Á., Campos, S., Al-Kaff, A., García, F., Martín, D., Escalera, A. presentan un estudio en el 2020, el cual, tiene como temática poner en marcha el uso de la tecnología presente en la robótica, es decir, mediante un dron poder realizar tareas de vigilancia y monitorización de incendios de manera autónoma, gracias a sensores y dispositivos inmersos en el mismo dispositivo. Además, los autores realizaron una interfaz gráfica, que les permitirá el intercambio de información entre la aeronave y el usuario en tierra. Se debe tener en cuenta, que los autores realizaron este proyecto con la ayuda de la empresa Telefónica Digital España, ya que, esta empresa fue la que les facilito el dron para la realización de la investigación.

En este orden de ideas, los autores implementaron el proyecto en un lapso de tiempo de 6 meses. Este proyecto se centró en presentar una herramienta capaz de brindar información en tiempo real a la estación en tierra, mediante el alcance de datos 4 G. Asimismo, logran evidenciar la importancia de la relación que tienen las universidades con las empresas, pues los proyectos e investigaciones realizados desde el ámbito educativo brinda en diversas ocasiones herramientas novedosas que puedan complementar la labor de ciertas empresas.

Asimismo, los autores lograron llegar a dos conclusiones primordiales, en primer lugar, la importancia de que el dron se encuentre dotado de un carenado, el cual, pueda mejorar la resistencia de este a diversos aspectos, ya sean, al mismo vuelo o a la intemperie, enfocando la resistencia al agua, que pueda hacer que el vehículo esté preparado para volar sin riesgo a condiciones meteorológicas como lluvia o niebla. En segundo lugar, los autores establecen la prioridad en dotar al dron de sensores y algoritmos que le permitan reconocer y evitar así los obstáculos que puedan presentarse en el ambiente, tales como, arboles, animales o infraestructuras realizada por el hombre.

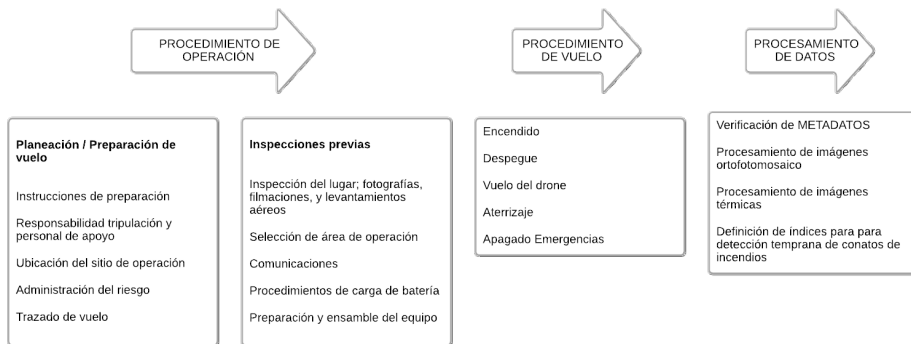
Otra investigación relacionada con el tema del uso de drones en el control y prevención de incendios es la realizada por Jaime Ferrándiz San José en el 2021, la cual, tiene como finalidad el diseño y creación de un entorno de simulación en la plataforma Unity, en donde, se presenten drones que sobrevuelen en un terreno realista y logren tomar fotografías desde

el aire, las cuales, los autores puedan unir las en una sola, para así, analizarlas en base de la cantidad de vegetación y la inclinación del terreno. Los autores programaron una serie de scripts en C#, además, de un script en Python para el tratamiento de las fotografías y la creación de imágenes con información útil. Recalcan la importancia del uso de Python en el desarrollo de este proyecto, pues gracias a las bibliotecas existentes para el tratamiento de imágenes que existen para este lenguaje de programación.

Para este trabajo, se realizó una revisión teórica que plantea ciertos puntos a tener en cuenta para la planeación de una metodología de vuelo, en la cual, se presentan aspectos relacionados con: una preparación previa del vuelo, alistamiento para dar inicio, en donde, se encuentran los sondeos y verificaciones de los elementos necesarios para un vuelo seguro (verificación de hélices, batería, control, identificación de terreno, registro climatológico, entre otros). También, se muestra una serie de pasos a seguir durante el vuelo y la toma de evidencia fotográfica y la finalización del vuelo, es decir, el aterrizaje.

## Solución propuesta

Figura 2  
Metodología propuesta



Fuente: elaboración propia.

## Procedimientos de Operación

En este apartado las tareas se anexan, estas tienen como objetivo el estudio de las circunstancias que convergen en el procedimiento, para alcanzar unas medidas adecuadas y se subdividen en:

- Planeación/preparación del vuelo.
- Inspecciones previas.

### Planeación/ preparación del vuelo

#### **Instrucciones preparación de vuelo**

Es el proceso mediante el cual se analiza y revisa los datos e información que tienen relación en la realización de un vuelo:

- Análisis de la información básica. (Cartografía, NOTAMs)
- Elección de la ruta o espacio donde se desarrolla la operación de vuelo.
- Determinación de la altura de vuelo.
- Elección de Overlap y Sidelap.
- Cálculo y almacenamiento de batería.
- Elección de procesos de despegue, aproximación y aterrizaje.
- Verificación del equipo mínimo necesario para realizar el vuelo.
- Formalización del plan de vuelo con ATS.

### Responsabilidades tripulación y personal de apoyo

- El equipo de apoyo tiene la responsabilidad de guiar las tareas de la institución para cumplir con las metas propuestas, acorde con las normativas, objetivos, reglas e instrucciones avaladas.
- Le corresponde a la tripulación la ejecución del número de tareas operacionales requeridas en los vuelos para todas sus etapas. Reunirá, examinará y estudiará la información básica requerida para la planificación del procedimiento. De igual manera, de ser necesario, se expondrá el plan de vuelo a ATC.
- El equipo reunirá datos necesarios para la planeación del vuelo
- Condición atmosférica del sector donde se realizará el vuelo.

- Comprobación de herramientas de navegación y del equipo de apoyo.
- Restricciones y limitaciones de los estados.
- Reglamentaciones particulares de los estados.
- Cartografía de la zona de vuelo y NOTAMs.

### La ubicación del sitio de operación y evaluación

Se debe completar la encuesta de evaluación previa al sitio

- El personal experimentado de Drones puede completar el formulario utilizando las siguientes fuentes de información:
- Cartas aeronáuticas relevantes actuales
- Vectores de vuelo - Cartas Aeronáuticas en línea
- Google Earth
- Google Maps
- Servicios de información aeronáutica

Item	Acción (usando Google Earth o Google Maps)	Encontrado
Espacio Aéreo	¿Cuál es el espacio aéreo? (A,B,C,D,E,F,G) ¿Necesita permisos ATC?	
Terreno	¿Qué tipo de terreno es? (Plano, montañoso, pantanoso).	
Proximidades	Otras aeronaves (aeródromos helipuertos).	
Peligros	Disparo en vivo, transmisiones de radio de alta densidad, ventilación de gas.	
Restricciones	Centrales nucleares, cárceles, bases militares bases áreas, estaciones de policía, entidades estatales.	
Población	¿Necesitamos permisos?	
Ganado	Granjas locales.	
Permiso	Autoridad local, propietario de la tierra, espacio militar.	
Acceso	Vías de acceso público, puertas y caminos.	
Senderos	Senderos de acceso público, caminos de herradura.	
Alternos	Sitios alternativos de operación/ despegue.	

Item	Acción (usando Google Earth o Google Maps)	Encontrado
Reducción del riesgo	¿Se puede hacer el trabajo en otro momento para evitar horarios escolares etc.?	
Clima	24 horas de previsión	
Notam	Cualquier aviso a los aviadores que puedan afectar operaciones.	

Fuente: elaboración propia.

## Administración del riesgo

En nuestro sistema de evaluación consideraremos: Medios, Entorno Y Personas

- Infraestructura de la zona de vuelo
- Obstáculos
- Prestaciones de la aeronave
- Trayectoria de despegue para eludir los obstáculos
- Procedimientos de vuelo
- Comunicaciones y zona de sobrevuelo
- Transmisión de datos “LINK” de mando y control
- Documentación
- Entrenamientos
- Pilotos
- Personas de seguridad operacional en tierra

## Trazado del vuelo

Se definen las coordenadas donde se realizará el vuelo identificando cual es el área de recolección de datos, presentando cuanto es el solapamiento de las imágenes en el margen vertical y horizontal, realizando los ajustes de la relación píxel y área en tierra.

## Inspecciones previas

### **Inspección del lugar Fotografía, filmaciones y levantamientos aéreos**

El principal medio de operaciones de la entidad se basa en la geomática, la topografía y los desarrollos que puedan presentar en el sector de la ingeniería civil. De esta manera, esta clase de procedimiento será el más frecuente y, además, guiará los vuelos de entrenamiento de los pilotos y vuelos de presentación a las empresas. Asimismo, en la descripción de la operación de levantamientos topográficos e inspección a infraestructuras se debe tener en cuenta, que todo procedimiento aéreo realizado por esta organización necesita de sondeo previo, en el cual, obtenga información sobre el sector donde se realizará el vuelo, en otras palabras, se requiere de la cartografía del lugar, esta brindará información valiosa sobre la topografía del terreno y de las demandas de la operación, esto es importante, pues permitirá hacerse una idea previa de la zona de levantamiento. A partir de lo anterior, ya en el lugar de trabajo se deberá realizar un reconocimiento detallado del terreno, esta inspección debe ser a pie, observando y detallando con atención los aspectos que puedan interferir con el adecuado desarrollo del proceso de vuelo. De igual manera, los puntos de control/apoyo se determinarán con el instrumental topográfico antes de iniciar los vuelos, dicho procedimiento no se debe realizar en el reconocimiento detallado del terreno, sino en otra inspección. Seguido de esto, se determinará la ubicación de la RPS conjuntamente con las zonas de despegue y aterrizaje con sus respectivas zonas alternativas para casos de emergencia. Se debe tener en cuenta, que los aspectos que establecen dicha ubicación son la elevación del terreno y visibilidad de la aeronave, logrando observar desde este punto la mayor parte del terreno a recorrer por la RPA. En relación a lo anterior, en el caso de que no sea posible observar toda el área de trabajo, se deberá determinar la cantidad de ubicaciones necesarias, para que en todas las fases del vuelo la aeronave siempre sea visible. Ya establecidas las ubicaciones necesarias, se establecerá un perímetro de seguridad alrededor de estas, dicho perímetro no podrá ser sobrepasado por personas externas a la operación. Para finalizar, con toda la información recogida necesaria para el vuelo, el equipo deberá realizar el plan de vuelo.

- Análisis de la información básica. (Cartografía, NOTAMs).
- Elección de la ruta o espacio donde se desarrolla la operación de vuelo.
- Determinación de la altura de vuelo.

- Elección de Overlap y Sidelap.
- Cálculo y almacenamiento de batería.
- Elección de procesos de despegue, aproximación y aterrizaje.
- Verificación del equipo mínimo necesario para realizar el vuelo.
- Se procederá al despegue y realización de la misión.
- Una vez la aeronave aterrice en tierra y se finalice operaciones, se realizará con todo el equipo de vuelo, un Debriefing de todo el proceso.

## Selección del área de operación

El piloto debe seleccionar un área de Operación o Despegue, sin embargo, también debe de señalar y verificar una zona de aterrizaje alternativa o de emergencia también debe discutirse con el observador y seleccionarse, esta área debe estar disponible para aterrizar si la primera ubicación se vuelve inaccesible, con la aclaración realizada se procede de acuerdo a los siguientes criterios:

- Cobertura visual completa del sitio operativo.
- Posición en relación con el sol para evitar la discapacidad visual.
- Obstáculos físicos como árboles colgantes, rocas, edificios, líneas eléctricas, etc.
- Topografía del terreno, evitar pendientes pronunciadas o terrenos desiguales.
- Considere efectos tales como la cizalladura del viento de árboles cercanos, edificios, etc.
- Todos los edificios y personas que no están bajo el control del piloto al mando deben permanecer a 30 metros, fuera de la aeronave para el despegue y 50 metros en vuelo.

## Comunicaciones

Como parte de la encuesta de evaluación en el sitio, el piloto verificará la disponibilidad Cobertura satelital utilizando la aplicación de señal GPS móvil GPS TEST. Consideración de la 'dilución de la precisión', se requieren siete satélites sobre una buena distribución (no todos juntos) para que las operaciones de vuelo previstas puedan proceder. Se debe tener en cuenta los edificios y estructuras que podría bloquear o distorsionar la señal



GPS / GNSS. Cabe señalar que, si la cobertura del satélite no es suficiente para que la aeronave alcance una solución 3D, la función de seguridad no funcionará. El enlace audiovisual debe ser probado tan pronto como sea posible y si se observa alguna interferencia en la frecuencia de 2.400 GHz, no se puede realizar la operación. 2.6. Chequeos de clima El piloto para la operación debe evaluar las condiciones climáticas locales. La velocidad del viento en nudos y la temperatura del aire exterior en grados Celsius se obtendrá usando una mano anemómetro. La dirección del viento se puede obtener utilizando la función de brújula del dispositivo móvil. La prueba de GPS, la aplicación UAV ForeCast, esto da la información sobre el camino que ha tomado la lluvia y las predicciones se pueden hacer a partir de esto. El clima en el sitio La información debe ser registrada en el formulario de la encuesta en el sitio. <https://www.uavforecast.com/#/>.

Tabla 2.  
UAV ForeCast

Condiciones Actuales a partir de martes 2022-06-28 12:53 -05										
Hora	Viento	Ráfagas	Temp	Precip Prob	Cubier. Nubes	Visibilidad	Sat Visibles	Kp	Sat Est Bloq	Bueno Para Volar?
12:53 ☼	10 km/h↔	22 km/h↔	29°C	-	40%	16 km	13	2	12,3	sí
Martes 2022-06-28: Salida del Sol 05:59, Puesta de Sol 18:19										
Hora	Viento	Ráfagas	Temp	Precip Prob	Cubier. Nubes	Visibilidad	Sat Visibles	Kp	Sat Est Bloq	Bueno Para Volar?
13:00 ☼	10 km/h↔	22 km/h↔	29°C	-	42%	16 km	13	3	12,3	sí
14:00 ☼	10 km/h↔	22 km/h↔	30°C	-	32%	16 km	17	3	15,9	sí
15:00 ☼	5 km/h↔	17 km/h↔	30°C	-	34%	16 km	16	3	15,3	sí
16:00 ☼	6 km/h↘	18 km/h↘	30°C	-	85%	16 km	15	3	14,5	sí
17:00 ☼	10 km/h↘	19 km/h↘	29°C	13%	100%	16 km	16	3	15,5	sí
18:00 ☼	9 km/h↘	18 km/h↘	27°C	17%	100%	16 km	16	3	15,2	sí
19:00 ☼	9 km/h↘	18 km/h↘	25°C	36%	100%	16 km	14	3	13,0	sí
20:00 ☼	6 km/h↘	12 km/h↘	23°C	43%	100%	16 km	14	3	12,4	no
21:00 ☼	2 km/h→	5 km/h→	23°C	37%	98%	16 km	14	3	11,8	no
22:00 ☼	3 km/h→	6 km/h→	22°C	21%	88%	16 km	13	3	10,6	no
23:00 ☼	4 km/h→	7 km/h→	22°C	16%	97%	16 km	11	3	9,3	no

Nota. Registro tomado de la aplicación UAV Forecast (2022).

## El procedimiento para cargar la batería del vuelo

- Mida el % de carga residual de la batería e ingrese el valor en el cuadro de registro de carga correspondiente.

- Conecte la batería al cable de carga del cargador y al cable de equilibrio.
- Seleccione la configuración apropiada en el cargador para la batería.
- Coloque la batería en la bolsa Lipo-Safe y comience el ciclo de carga.
- Permanezca en el área de carga de la batería, nunca la deje desatendido.
- Cuando la batería está cargada, registre la entrada de carga mAh en el libro de registro de carga.
- Apague el cargador y desconecte la batería.
- Coloque la clavija “Cargada” en el cable de la batería para confirmar que esta batería está lista para su uso.

## Carga del equipo

El operador de carga útil es responsable de garantizar que la carga útil esté lista para usar. Si la carga útil es una cámara, la tarjeta de memoria debe estar vacía y la batería debe estar completamente cargada. El piloto al mando de los drones es responsable de garantizar que la carga útil se ajuste de forma segura al fuselaje. Todas las cargas útiles requieren dos fijaciones mecánicas como un perno de retención y un cordón de seguridad antes de que puedan comenzar las operaciones de vuelo. El piloto al mando debe asegurarse de que la aeronave se equilibre correctamente con la carga útil seleccionada instalada, se deben hacer ajustes en la posición para garantizar que este sea el caso y en ningún caso la aeronave debe volar si el balance no está dentro de los límites. El centro de gravedad está marcado con una pegatina en la parte inferior del cardán. El piloto al mando es responsable de garantizar que la aeronave no opere en exceso de la masa máxima de despegue indicada.

## Preparación y correcto ensamble del dron multirroto

### **EQUIPO**

- Retirar la abrazadera de la cámara (Gimbal).
- Instalación de las hélices: Hélices con anillos negros en motores con puntos negros; Hélices con anillos grises en motores sin puntos negros.
- Pulsar la hélice hacia abajo sobre la placa de montaje y girar en la dirección de bloqueo hasta que se asegura en su posición.
- Comprobar si todas las hélices están seguras antes de iniciar el vuelo.

- Instalación de la batería: Inserte la batería en el compartimento y asegúrese de que escucha un sonido tipo clic al colocar la batería, este sonido significa que la batería quedó firme e instalada. De no hacerlo, puede afectar a la seguridad de vuelo de la aeronave.

## Control remoto

- Ajustar las antenas para que queden orientadas hacia fuera con el equipo inclinado a su posición.
- Ajustar la abrazadera al tamaño del dispositivo móvil.
- Conectar el dispositivo móvil al control remoto mediante un cable USB o bluetooth.

## Procedimientos de vuelo

### **Encendido del dron**

Procedimiento de puesta en marcha El siguiente procedimiento debe ser completado por el piloto al mando:

- Compruebe el nivel de la batería de vuelo presionando el botón de la batería de vuelo inteligente y Seguro que al menos cuatro luces están iluminadas.
- Coloque la batería de vuelo en la aeronave y colóquela en la plataforma de calibración orientada hacia viento.
- Asegúrese de que todos los interruptores en el transmisor de control de la aeronave estén configurados correctamente.
- Encienda el transmisor de control de la aeronave y asegúrese de que el nivel de la batería sea superior al 80 %.
- Conecte la batería de vuelo.
- Dejar que la aeronave ejecute el programa de diagnóstico del sistema.
- Pruebe el funcionamiento del cardán de la cámara y muévelo a la posición de despegue (lente de la cámara paralela al nivel del suelo).
- Encender la estación de tierra y cargar el software.
- Confirmar la posición de GPS / GNSS fijo.
- Cargue el plan de vuelo del punto de referencia si es necesario.

## **Despegue del dron**

El siguiente procedimiento debe ser completado por el piloto al mando:

- Realice un barrido visual de 360 ° del área (preste especial atención al espacio aéreo y al público invasiones).
- Confirmar con el observador que está claro para despegar.
- Verificar y anotar la hora.
- “Despegue” y arranque los motores (Mueva el palo izquierdo del transmisor a la parte inferior derecha).
- Eche un vistazo final por encima de la aeronave y encienda la potencia  $\frac{3}{4}$  (utilice un movimiento progresivo constante).
- Subir a aproximadamente 2 metros y reducir la potencia para flotar.
- Controles de guiñada y cíclicos de prueba (utilice movimientos suaves pequeños y asegúrese de que la aeronave reaccione correctamente).
- Enganche la posición y la altitud para probar la función (la aeronave debe mantener la posición y la altitud).
- Comprobar el estado de la batería.
- Confirme con el observador que la operación de vuelo planificada sigue siendo buena para seguir adelante.

## **Vuelo del dron**

Las misiones realizadas con RPAS no son determinadas, en otras palabras, no son rutas peculiares, así que, es necesario realizar una revisión a los vuelos de prueba exigidos por UAEAC. Los cuales, determinan tipos de vuelo generales, este tipo de vuelos, brindan confiabilidad y seguridad a la entidad, asimismo, respaldan los trabajos aéreos al momento de su realización. A continuación, se presenta un método para ser completado por el piloto y el observador.

- Piloto al mando para mantener el avión dentro de la burbuja de 500 metros de ancho y 400 pies de altura.
- Piloto al mando para mantener el enfoque principal en la aeronave y los alrededores inmediatos.
- Piloto al mando para monitorear la telemetría básica desde aeronaves cuando sea seguro y apropiado.

- Piloto al mando para mantener las comunicaciones con el observador en todo momento.
- Piloto al mando para seguir las instrucciones del operador de carga útil si es seguro hacerlo.
- Observador para monitorear telemetría, voltaje de la batería de vuelo, satélites rastreados, altitud, etc.
- El observador proporcionará a Pilot-In-Command retroalimentación continua del voltaje de la batería de vuelo.
- El observador debe mantener la vigilancia visual de las invasiones públicas y el espacio aéreo.

La puesta en práctica de vuelos de prueba facilita la detección de riesgos y amenazas propias de su ejecución, así como tener en cuenta, la capacidad de reducir estos riesgos al momento de ejecutar una misión, asimismo, el piloto podrá desarrollar, evaluar y elaborar adecuadamente los procesos cotidianos de esta actividad propuestos en el manual de operaciones, de igual manera, los procesos de emergencia a aplicar en caso de ser necesarios.

Las misiones de vuelo se ejecutarán en un sitio lejano, con el fin, de proteger la aeronave, los bienes y personas de los diversos riesgos que puedan presentarse en el terreno, durante el proceso de vuelo, obedeciendo la legislación vigente que rige la zona. Estos vuelos antes mencionados, no deben ejecutarse en sector de la ciudad, aglomeraciones de personas en espacio abierto, en zonas restringidas o de advertencia, respetando el límite de distancia de 8 km respecto a algún aeropuerto o aeródromo. En la situación en que algún vuelo de prueba se ejecutó fuera de la visión del piloto, el espacio deberá estar sometido a cambios, asimismo, deberá efectuarse a un límite mínimo de distancia de 15 km desde el algún aeropuerto o aeródromo, esto si la institución cuenta con procesos de vuelo instrumental, de lo contrario, la distancia será de 8 km.

### • Vuelo

---

Sondeos a implementar

El VANT cumpla con la estabilidad requerida y la posición al momento de activar el vuelo automático.

---

Asistencias eléctricas:

Estabilización.

---

---

Sistema de posicionamiento global (GPS):	Sí.
Conformación del RPA:	La misión de prueba se ejecuta con los parámetros necesarios para constatar un óptimo desempeño con su peso máximo.
Durabilidad de la misión de vuelo:	Siete minutos.
Condiciones de vuelo:	Velocidad de viento menor o igual al que aparece en las especificaciones de fabricante de la aeronave. sin precipitaciones (lluvia, llovizna).

---

Fuente: elaboración propia.

**Desarrollo de vuelo:** con el proceso de verificación del pre-vuelo terminado, se procede al correcto despegue del VANT elevándolo a una altura de 5 m sobre el suelo, continuando a trasladarlo 10 m al frente respecto al punto de origen. En esta ubicación se debe dejar que el VANT se mantenga estable, con las condiciones climáticas presentes, verificado siempre que dichas condiciones climáticas no sobrepasen los umbrales que el equipo tenga predeterminadas. Seguido de esto, se procederá a bajar el VANT a una altura de 2 m, un integrante del personal de apoyo se desplazará con el equipo de seguridad necesario hasta este, con la mano tirará de él para modificar su posición y así estudiar las reacciones que puedan presentarse a partir de las acciones realizadas por él. Por último, será necesario regresar a la ubicación establecida para el tiempo y vuelo controlado, ya terminadas las pruebas se continua a realizar un correcto aterrizaje del equipo.

### **Aterrizaje de la RPA**

Consideraciones previas al aterrizaje:

- El piloto establecerá que plataforma es la que brinda mejores condiciones de seguridad.
- Estas plataformas, deberán estar establecidas en la planificación de vuelo, tanto la principal como las alternas para el caso de emergencia.

- Además, se aconseja delimitar un perímetro para la realización de maniobras en caso de emergencia, dónde el VANT por cualquier motivo de precipitación al suelo, caiga en una zona menos destructiva y cause así, la menor pérdida material y a personas.
- Ya definida la zona de plataforma se informará al resto de la tripulación.
- Terminada la aprobación se leerá la parte de la lista de chequeos relacionada al vuelo. Se debe corroborar que la zona de la plataforma este despojada de cualquier objeto, persona o animal y las condiciones climáticas permitan un aterrizaje seguro. Se debe tener en cuenta, la cantidad de combustible o batería, pues debe verificarse y preverse para las situaciones que puedan presentarse, en donde, se deban realizar esperas de lapsos de tiempos.
- El piloto debe estar al tanto en todo momento de la situación existente, y tener suma precaución. Criterio general:
- Zona despejada de obstáculos en 25 metros para evitar turbulencias de superficie.
- Zona libre de palos, rocas y obstáculos. 3.5 m para el aterrizaje del dron

El siguiente procedimiento debe ser completado por el piloto al mando, el observador y el operador de carga útil:

- Piloto al mando para avisar al observador de la intención de aterrizar.
- El observador debe verificar visualmente el área de aterrizaje para asegurarse de que es seguro aterrizar.
- Piloto al mando para volar directamente al lugar de aterrizaje y flotar a aproximadamente 2 metros de cara al viento.
- Operador de carga útil para garantizar que la carga útil se almacene para el aterrizaje y llame a “Camera Safe”.
- Piloto al mando para echar un vistazo final debajo de la aeronave y llamar “Aterrizaje”.
- Piloto al mando para reducir la potencia y aterrizar la aeronave (tenga en cuenta el efecto en tierra).

## Apagado del RPA

El siguiente procedimiento debe ser completado por el piloto al mando:

- Al momento del aterrizaje, detenga los motores (mueva la palanca izquierda del transmisor a la esquina inferior izquierda).
- Acercarse a la aeronave, desconectar el paquete de baterías de vuelo y llamar a “Aircraft Safe”.
- Verificar y anotar la hora.
- Apagar el transmisor de control de la aeronave.
- Verifique el nivel de la batería de vuelo con Battery Checker.
- Rellene las horas de piloto / avión y los registros de batería.

## En caso de emergencia

- En caso de emergencia el piloto planeará el aterrizaje de manera que en caso de pérdida de control del VANT, no impacte en los alrededores de personas o bienes materiales.
- En caso de presentarse deficiencias en el sistema de posicionamiento global (GPS), se verá reflejado un aviso en la pantalla del control que está al mando del piloto. De esta manera, este sabrá que perdió la cobertura GPS, tomará la decisión de maniobrar de manera manual hasta finalizar la misión. Se debe tener en cuenta, que cuando se habla de sistema GPS, hace referencia a todo el sistema global de navegación por satélite (GNSS), ya sea: GPS, Glonass, Galileo u otros.
- Error en sistemas electrónicos: Si se presentan errores en la electrónica se procederá al aterrizaje manual lo más rápido posible.
- Error estructural del VANT: En cualquier situación que se encuentre cualquier tipo de falencia de este tipo, se aterrizará de la manera más suave posible, tratando de no cargar mayormente a los componentes del VANT.
- Avería en uno o más motores: En cualquier situación que un motor no funcione correctamente, el piloto realizará maniobras de aterrizaje forzoso de manera manual. Frente a esta anomalía se presentan dos comportamientos del VANT:



- El Multirotor puede soportar la falla de un motor y mantenerse en vuelo, para esta situación el aterrizaje será sencillo y no se volará hasta reparar el daño.
- El Multirotor no puede sostenerse en vuelo con el fallo de un motor. Se perderá por completo el control del VANT, haciendo que el aterrizaje sea casi imposible. En esta situación la meta principal será, salvaguardar la vida e integridad física del personal y además, los daños del VANT y bienes materiales sean los menores posibles.

(UAEAC, *Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil*. 2022).

## Procesamiento de datos

### **Verificación de metadatos**

- **Procesamiento de imágenes – ortofotomosaico.**

El ortofotomosaico, corresponde a la unión de fotografías posterior a un vuelo y realizando el respectivo ajuste de la ubicación espacial de las fotos (fotocontrol).

- **Procesamiento de imágenes - térmicas.**

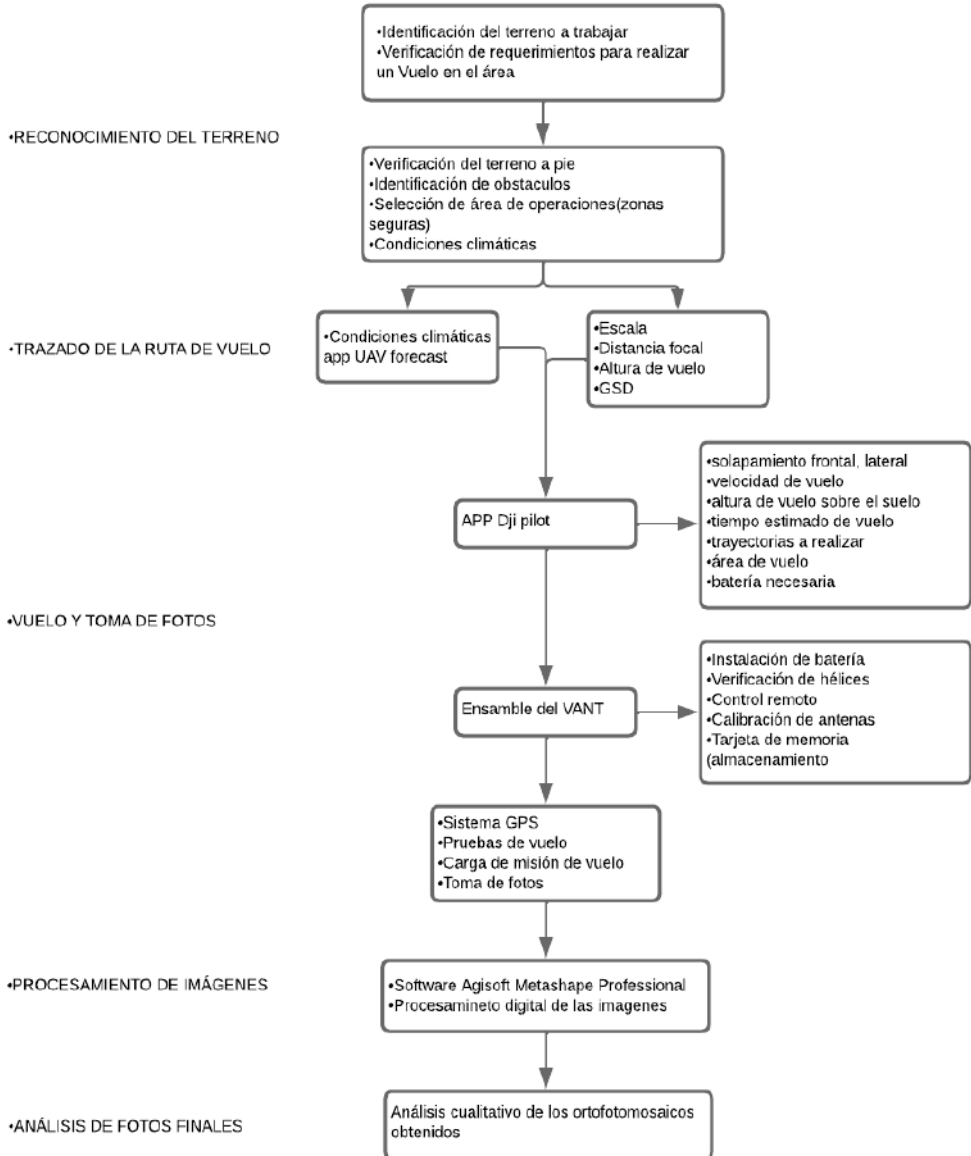
### Metodología de vuelo para un VANT (vehículo aéreo no tripulado) Mavic 2 Enterprise Advanced ejemplo práctico

En este apartado, los ponentes de este trabajo presentarán un ejemplo con un paso a paso de una metodología de vuelo para un dron, caso de uso en un cerro tutelar de Cali, con un dron Mavic 2 Enterprise Advanced Dual, este se encuentra equipado con una cámara térmica, lo cual, permitirá mostrar con claridad los focos de calor presentes en el terreno. Además, con la aeronave podrán obtener fotos secuenciales del terreno, que permitirán obtener el “modelo digital de elevaciones” y el plano 3D, mediante la aplicación Agisoft Metashape Professional.

Para el desarrollo de este trabajo les fue necesario conocer la topografía del terreno donde se trabajará, entendiéndola como el conjunto de características que presenta la superficie o el relieve de un terreno, para así,

minimizar posibles riesgos que pongan en peligro la aeronave al momento del vuelo, además, los distintos seres que interactúan en este entorno y la infraestructura que se puede encontrar en este, asimismo, identificar y aprovechar al máximo las ventajas del terreno. Es importante resaltar, que de ante mano se debe saber que ciertas áreas de uso aéreo son de uso especial y crean limitaciones, como, por ejemplo: las áreas prohibidas, las áreas restringidas, de advertencia, áreas de operaciones militares (MOA), entre otras (APD profesionales en drones, s.f). Con esta información y de ser necesario se debe tramitar el respectivo permiso para el vuelo con la entidad encargada, siendo en Colombia la Aeronáutica Civil. Asimismo, es primordial identificar un punto lo más llano y despejado posible con poco tránsito de personas, animales y vehículos, el cual, pueda servir como zona de despegue y aterrizaje del VANT, siendo así, en este artículo harán referencia a los cerros tutelares de Cali, los cuales, están a una altura entre los 1400 y 1600 metros sobre el nivel del mar, estos son muy afectados por incendios en la época seca del año, además, cada cierto número de años el fenómeno del niño, el cual se da por el calentamiento del océano Pacífico, afecta directamente estas zonas. A continuación, aplicarán teoría plasmada en este documento con el ejemplo práctico.

**Figura 3**  
Metodología de vuelo para un dron



Fuente: elaboración propia.

## Reconocimiento del terreno

Los autores realizaron un recorrido hasta llegar a un cerro aledaño a la ciudad de Cali, donde realizarán el vuelo, este recorrido a pie lo hicieron para reconocer los probables obstáculos, irregularidades del terreno, condiciones climáticas y otros aspectos que puedan interferir en la correcta ejecución del vuelo, asimismo, realizaron el reconocimiento del terreno ubicando la zona de despeje y aterrizaje de la aeronave con sus respectivas alternativas en caso de emergencia, además, decidieron el desplazamiento que tendrá el VANT respetando siempre las especificaciones de visibilidad y amplitud del terreno con una posición en relación con el sol, sin obstáculos físicos como árboles y rocas. Para un mejor reconocimiento del terreno completaron la encuesta de evaluación previa al sitio con la ayuda de la herramienta Google Maps como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Encuesta de evaluación previa al sitio de vuelo

Item	Acción (usando Google Earth o Google Maps)	Encontrado
Espacio Aéreo	¿Cuál es el espacio aéreo? (A, B, C, D, E, F, G) ¿Necesita permisos ATC?	A
Terreno	¿Qué tipo de terreno es? (Plano, montañoso, pantanoso).	Montañoso
Proximidades	Otras aeronaves (aeródromos helipuertos).	Ninguno
Peligros	Disparo en vivo, transmisiones de radio de alta densidad, ventilación de gas.	Ninguno
Restricciones	Centrales nucleares, cárceles, bases militares bases áreas, estaciones de policía, entidades estatales.	Ninguno
Población	¿Necesitamos permisos?	No
Ganado	Granjas locales.	5 colindantes
Permiso	Autoridad local, propietario de la tierra, espacio militar.	Oscar René Trejos (propietario terreno).

**Cap. 7:** Metodología para el monitoreo preventivo de incendios forestales usando un vehículo aéreo no tripulado en los Cerros Tutelares de Cali

Item	Acción (usando Google Earth o Google Maps)	Encontrado
Acceso	Vías de acceso público, puertas y caminos.	1 vía principal, 2 caminos alternos, 1 puerta
Senderos	Senderos de acceso público, caminos de herradura.	Tramo de Carrilera
Alternos	Sitios alternativos de operación/ despegue.	2 sitios alternativos de operación
Reducción del riesgo	¿Se puede hacer el trabajo en otro momento para evitar horarios escolares etc.?	Sí
Clima	24 horas de previsión	Sí
Notam	Cualquier aviso a los aviadores que puedan afectar operaciones.	No

Fuente: (UAEAC, Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2022).

## Determinación de altura de vuelo

Determinaron la altura de vuelo teniendo en cuenta la altitud de los árboles presentes en el terreno, los cuales no superan los 20 metros de altura aproximadamente, asimismo, tuvieron en cuenta la escala a trabajar. En otras palabras, la escala es la relación del tamaño de una imagen con el tamaño real del objeto, así, en fotografía con VANT la distancia focal del sensor y la altura de vuelo proporciona la escala de trabajo. Lo anterior, se rige por la siguiente ecuación:

$$1/Et = f/H \text{ de donde } H = Et * f$$

Et = escala que se desea trabajar

f = distancia focal del sensor

H = altitud que se realizara el vuelo

Tabla 4

Parámetros de vuelo

Escala	Distancia focal	Altura de vuelo	GSD
Et	f	H	
1/2000	4.5 mm	90 m	1,22cm/píxel

Fuente: elaboración propia.

### Trazado de la ruta de vuelo

Ya determinada la altura en la que la aeronave realizará el vuelo, es necesario conocer las condiciones climáticas, la dirección y velocidad del viento, condiciones de luz y visibilidad. Para esto, usaron la aplicación móvil UAV Forecast, la cual, brinda la información requerida y suministra una condición para volar (bueno para volar-malo para volar), como se evidencia en la Figura 4.

Figura 4

Condiciones climáticas previas al vuelo APP UAV Forecast



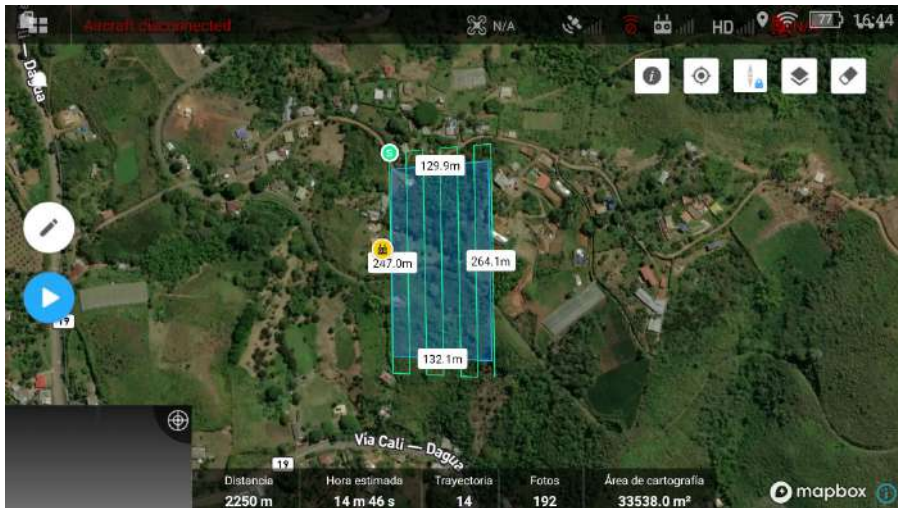
Seguido de esto, para trazar la ruta de vuelo utilizaron la app móvil de dji pilot, con esta app lograron realizar un vuelo tipo mapping con los siguientes parámetros, los cuales, ingresaron en la app, solapamiento frontal 80 % y lateral 75 % de las imágenes tomadas, velocidad de vuelo 2,5 m/s, altura de vuelo a 90 mts sobre el suelo, la app brinda la información de un tiempo estimado de vuelo de 14m 46s, con una distancia a recorrer por la aeronave de 2250 mts, una área de 33538 metros cuadrados, 192 fotos y 14 trayectorias, en este tipo de vuelo

Fuente: Adaptado de (aplicación de dispositivo móvil-creación propia).

automático, tuvieron en cuenta el estado de carga de la batería, aunque, para este caso, la batería fue cargada hasta un 98 %, lo cual, brindará una autonomía de vuelo de 30 minutos, es decir, se tendrá suficiente batería para un vuelo de 15 minutos aproximadamente.

Figura 5

Ruta de vuelo con app DJI Pilot



Fuente: Adaptado de (aplicación de dispositivo móvil-creación propia).

## Vuelo y toma de fotos

Ya con la ruta de vuelo, el operador de la aeronave, en este caso los ponentes de este artículo, procedieron a preparar el ensamble del VANT, como primer paso retiraron la protección de la cámara, comprobaron que las hélices estén seguras y bien instaladas antes de iniciar, e instalaron la batería en la aeronave. Continuaron con el control remoto, ajustando las antenas de tal manera que queden hacia el frente, no fue necesario un dispositivo móvil para este control, ya que, dicho control tiene la pantalla integrada, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6  
Control remoto



Fuente: Adaptado de (cámara dispositivo móvil Huawei psmart – creación propia).

El siguiente paso por seguir, es el encendido del dron, con la batería ya instalada en la aeronave, el piloto presionó el botón de encendido por una vez comprobando que las cuatro luces enciendan, esto lo realizó para comprobar el estado de la batería, seguido de esto, comprobó que los transmisores del control estén funcionando correctamente.

En este orden de ideas, el piloto inició, con encender el control pulsando 2 veces el botón “power”, teniendo en cuenta, que el primer pulso debe ser de 1 seg y el segundo pulso de 3 seg. Continuando, encendió la aeronave, pulsando el botón “power” del dron, de la misma forma que lo hizo con el control remoto. Cuando el dron enciende, el piloto permite que ejecute el diagnóstico del sistema. También, verifica que el sistema GPS esté funcionando correctamente, realiza pruebas de respuesta de la aeronave, iniciando con elevarla hasta una altura de 3 metros aproximadamente, verifica que responda de manera adecuada a las órdenes emitidas, las cuales son las siguiente, alabeo, cabeceo y guiñada, seguido a esto, eleva la aeronave hasta una altura de 20 metros y se lleva hasta 30 metros al frente, por último, verifica que el retorno a casa funcione de manera óptima. Asimismo, comprueba el funcionamiento de la cámara y su lente, carga la ruta de vuelo y se da inicio a la operación, la aeronave



realiza las tomas fotográficas automáticas y las almacena en la memoria micro SD (configurada), este proceso le brinda libertad al piloto para estar pendiente de otros parámetros, como: el nivel de carga de la batería, la seguridad del dron y aspectos relacionados con el entorno.

### Figura 7

*Pre vuelo y vuelo dron Mavic 2 Enterprise Advanced*



Fuente: Adaptado de (cámara dispositivo móvil Huawei P smart. Fuente: elaboración propia.

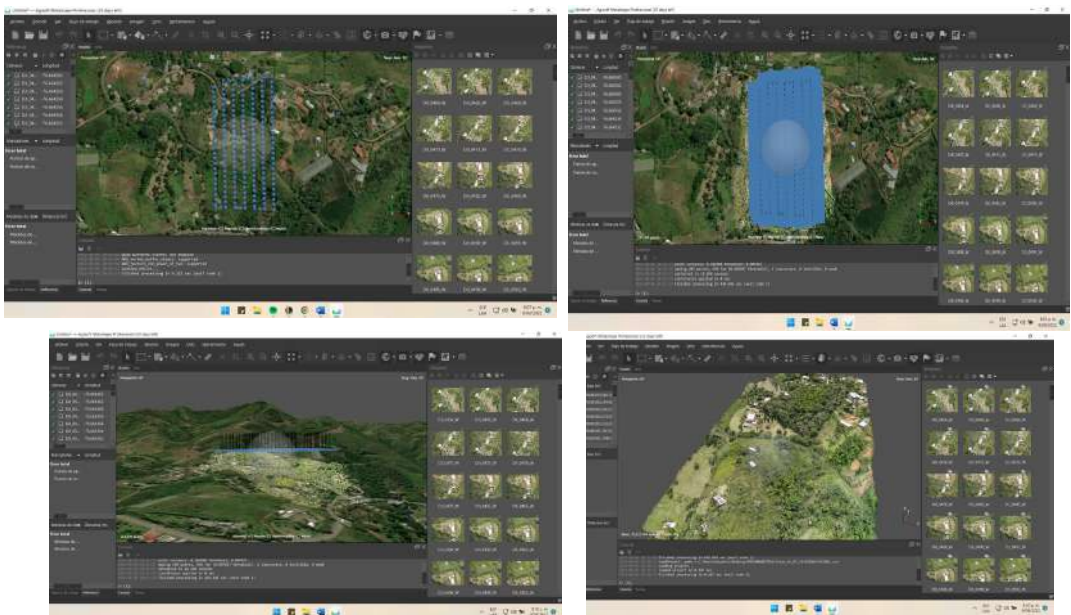
### Procesamiento de imágenes

Para el procesamiento de las imágenes obtenidas optaron por utilizar el software Agisoft Metashape Professional, el cual, permite realizar fotogrametría, una técnica que se utiliza para recrear un modelo 3D. Como primer paso, el operador carga en el programa las imágenes obtenidas por el dron, en este paso, verifica que la cantidad de imágenes planificadas correspondan al número de las imágenes tomadas, estas imágenes contienen la información de posicionamiento GPS, el dron guarda la información de coordenadas con el sistema WGS 84(EPG:::4326). Para este caso de uso se convirtieron a sistema de MAGNA – SIRGAS/ Colombia West zone (EPG:::3115), este último sistema de coordenadas brinda la información de posicionamiento del este, el norte y la altitud de cada

imagen respectivamente. De esta manera, el software crea una imagen que se traslapa con el mapa, seguido a esto, el operador debe realizar la calibración de la cámara y alinear las imágenes ayudándose de los puntos georreferenciados de cada fotografía, para un óptimo resultado debe tener un adecuado solapamiento de cada imagen. Con la alineación obtenida, crea la nube densa de puntos, la cual, es un conjunto de vértices, es decir, un conjunto de puntos de las superficies más altas, que brinda coordenadas en los tres ejes del plano X, Y y Z. Seguido de esto, crea la malla, la cual, da cabida para generar la textura y así obtener el modelo 3D. Así pues, genera el modelo digital de elevaciones, fundamental para este trabajo porque permite identificar la altura de la vegetación del terreno. Por último, genera el ortofotomosaico, el cual, es una nueva imagen compuesta por el emparejamiento de todas las fotos obtenidas, este es de vital importancia porque de aquí se puede observar que tan densa y árida se encuentra la vegetación del lugar. Es importante tener en cuenta, que este mismo procedimiento se aplica a las fotos térmicas, obteniendo con este, un mapa de calor en 3 dimensiones del terreno. Lo anterior, se puede evidenciar en las Figuras 8 y 9, presentadas a continuación.

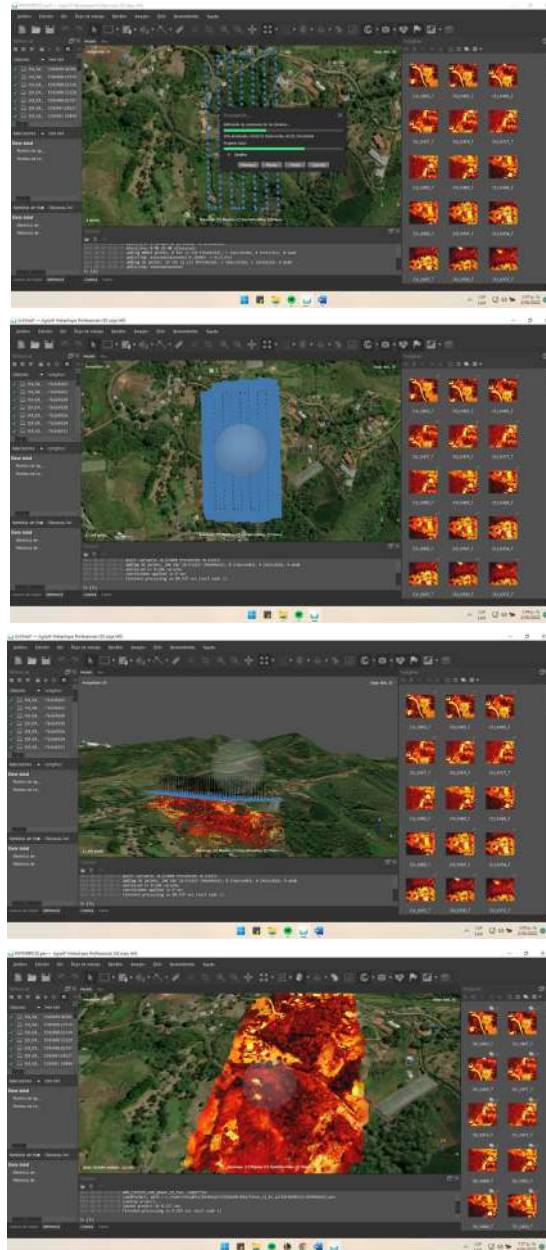
Figura 8

*Procesamiento de imágenes software Agisoft Metashape Professional*



Fuente: elaboración propia.

Figura 9  
Procesamiento de imágenes térmicas software Agisoft Metashape professional



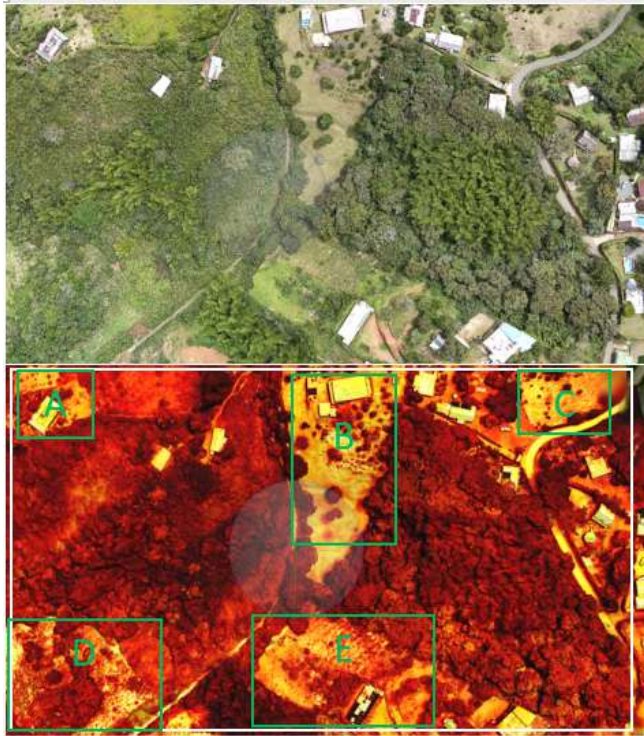
Fuente: elaboración propia.

#### 4.6 Análisis de las fotos finales

Para llegar al objetivo propuesto en este trabajo los autores realizaron un análisis cualitativo, partiendo de la observación de los mapas obtenidos en el procesamiento de las imágenes como se muestra en la Figura 10.

#### Figura 10

*Imágenes a comparar para el análisis*



Fuente: elaboración propia.

Con la imagen anterior los autores comparan los mapas de calor y normal (tradicional), procesados por el software Agisoft Metashape professional. En el mapa térmico, pueden identificar zonas entre colores rojizos y amarillentos, los cuales, representan cambios de temperatura presentes en el terreno, es importante entender que entre más amarillo se torne una zona, es porque más caliente está, en base a esto, demarcaron en rectán-

gulos verdes las zonas que evidencian mayor temperatura, hicieron una aproximación de área compuesta por estas zonas calientes, sumando las áreas de cuadros verdes (A, B, C, D, E), dando como resultado que dichas zonas representan aproximadamente el 29,20 % respecto a la zona demarcada por el cuadro blanco. Al comparar las zonas demarcadas por los rectángulos verdes en la imagen térmica con la imagen normal, evidenciaron, que estas zonas presentan mayor temperatura porque en la superficie se observa vegetación seca. Siendo así, como análisis final de la observación a los mapas, concluyeron de manera cualitativa que las zonas demarcadas por los rectángulos verdes son posibles focos de incendio, ya que, cumplen con condiciones del triángulo del fuego, las cuales son, la vegetación seca (combustible) evidenciada en el mapa normal, en estas mismas zonas se muestra aumento de temperatura, evidenciado en el mapa de calor y, como tercer componente del triángulo, el oxígeno presente en el ambiente.

## DISCUSIÓN

Con el fin de lograr el objetivo planteado al inicio de este capítulo, se desarrolló una revisión bibliográfica de textos relacionados con el tema, esta se basó principalmente en artículos y trabajos de investigación donde el uso de tecnología VANT fue el asunto a desarrollar en estos documentos. Además, se realizó una misión de vuelo con un dron “DJI Mavic 2 Enterprise advanced” en un cerro tutelar de Cali, esto, con el fin de obtener resultados basados en la práctica y así, lograr una perspectiva más realista de la teoría revisada. En relación a lo anterior, los resultados hallados presentan que el uso de drones para el monitoreo preventivo de incendios forestales representa menores costos y ejecuciones más rápidas, además, logra mayores alcances de monitoreo, pues el tema de la infraestructura del terreno deja de ser un aspecto de impedimento para el desarrollo de esta labor. Asimismo, representa para el personal encargado del control de incendios menores índices de peligro, es decir, resulta ser un proceso más seguro, pues el encargado realiza el vuelo y es el dron el que se interna a los terrenos que puedan ser propensos a focos de incendios.

En este orden de ideas, una de las investigaciones que sirvió de base para la realización de este documento, fue la realizada por Madridano, Á., Campos, S., Al-Kaff, A., García, F., Martín, D. y Escalera, A. en el 2020, en donde, implementaron un dron para la vigilancia y monitoreo de incendios de manera autónoma, esto, mediante el uso de sensores



y accesorios incluidos en el dispositivo. Esta investigación, brinda una comparación y enriquecimiento a este artículo, pues los autores realizaron una interfaz gráfica con el objetivo de brindar e intercambiar información entre la aeronave y el personal en tierra. En este orden de ideas, ambas investigaciones tienen el mismo objetivo, de monitorear y vigilar los principios de incendios mediante el uso de la tecnología VANT, sin embargo, en esta investigación los autores buscan, además, realizar una interfaz que permita el intercambio de información en tiempo real con el personal en tierra. Lo anterior, representará mayor cantidad de hallazgos relacionados con el momento exacto de “la misión de vuelo” y lo que ocurre cuando la aeronave se encuentra en el aire.

A partir de lo anterior, se evidencian aspectos relevantes a tener en cuenta en próximas investigaciones, las cuales, tienen relación con la estructura que presenta el VANT para la ejecución de las misiones de vuelo. Es decir, próximas investigaciones podrían implementar sensores de humedad en el dron para así lograr determinar el dato de la humedad del terreno donde se desarrollará el vuelo. Asimismo, la aeronave podría contar con materias y partes que representen mayor resistencia y durabilidad frente a posibles riesgos que pueda presentar en dichas misiones, además, instaurar en el dispositivo sensores o algoritmos que permitan que este reconozca y evite posibles obstáculos que puedan aparecer en el terreno.

## CONCLUSIONES

A continuación, se exponen las conclusiones que surgieron al presentar la metodología de vuelo para un VANT, con el objetivo de prevenir y controlar posibles focos de incendios. En este orden de ideas, para el análisis se debe tener en cuenta el triángulo del fuego, es decir, para que haya fuego deben existir tres elementos, si uno de los tres no está presente el fuego no existe, dichos elementos son: el combustible o carburante que no es más que materiales vivos o muertos que pueden arder en la naturaleza, el oxígeno y el calor. Seguidamente, en este trabajo se realizó la inspección a un terreno, el cual, se caracteriza por ser propenso a presentar focos de incendios. Gracias a la fotogrametría y la observación del terreno, por medio de las imágenes obtenidas con el VANT se puede determinar si dicho terreno presenta vegetación seca en alto porcentaje o bajo porcentaje, asimismo, con la ayuda de la cámara térmica integrada en el dron se puede evidenciar si el terreno está presentado focos de calor.

A partir de lo anterior, para controlar un incendio forestal el ente encargado del control y prevención de incendios puede optar por disminuir la cantidad de combustible (materia viva o muerta, presente en el terreno) o por disminuir el calor del terreno, ya que, disminuir la cantidad de oxígeno en campo abierto es algo imposible. En base a esto este trabajo brindará una herramienta de ayuda al momento de decidir qué parte del terreno podría ser más propicia a incendios por su vegetación y su radiación de calor emitida.

Asimismo, el uso de tecnología VANT y los softwares de procesamientos de imágenes en la identificación de inicios de incendios son de gran ayuda, pues brindan una visión y perspectiva más amplia y precisa de los focos de calor presentes en los terrenos, que pueden analizarse de forma cualitativa y cuantitativa, este tipo de procedimiento les brindará a los entes encargados del control y prevención de incendios una herramienta más completa para optimizar la labor que estos realizan, que en la ciudad de Cali son, el cuerpo de bomberos y la defensa civil.

## REFERENCIAS

- APD - Profesionales en drones. (s.f). RAC 91: Regulación dron en Colombia. <https://idc.apddrones.com/regulacion/rac-91-regulacion-drone-en-colombia/>
- Aber, J.; Aber, S.; Buster, L.; Jensen, W. y Sleezer, R. (2009). Challenge of Infrared Kite Aerial Photography: A Digital Update. Transactions of The Kansas Academy of Science. 112. 31-39. 10.1660/062.112.0205.
- Albaladejo Meca, P. (2020). Programación de rutas para la navegación aérea de un dron repetidor/recolector de datos como ayuda en la lucha contra incendios forestales. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/148554>.
- Bonilla, R. (2001). Guía Técnica en Control y Prevención de Incendios Forestales. Propeten Conservación Internacional Guatemala. [www.camafu.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/guia\\_incendios\\_Guat.pdf](http://www.camafu.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/guia_incendios_Guat.pdf).
- Bonilla Yoza, M. M., Maldonado Zuñiga, K., Zambrano Zambrano, S. M., y Cevallos Pionce, W. R. (2021). El uso de los drones en el ámbito profesio-

- nal: el uso de los drones en el ámbito profesional. UNESUM-Ciencias. *Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 5(4), 75-82. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v5.n6.2021.516>.
- Bordón, M. O. (2008). Los Desastres Naturales y la Sociedad. Volumen (30), pp. 4. *Revista Médica Electrónica*. Disponible en: <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/529>.
- Botero A, M., Cañon Zabaleta, B., Olarte C., W. (2011). *Aplicación de la Termografía en el Mantenimiento Predictivo*. Obtenido de: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1303/875>.
- Camisay, S. (2021). *Drones bomberos: combate automatizado de incendios forestales con drones*. Instituto Tecnológico de Buenos Aires- ITBA Escuela de ingeniería y gestión. DOI: <http://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/3673>.
- Centro Nacional de Comunicaciones. (2015). Universidad Nacional Autónoma de México. *Incendios* Obtenido de: <https://www.unam.mx/medidas-de-emergencia/incendios>.
- Chaves Pabon, S. B. (2021). *Uso de drones y sensores remotos para el monitoreo de laderas: una revisión*. *Ingenierías USBMed*, 12(2), 65-73. <https://doi.org/10.21500/20275846.5158>.
- Cirugeda Pablos, A. (2021). *Entrenamiento de drones para la monitorización de incendios mediante aprendizaje por refuerzo*. Universidad Autónoma de Madrid Escuela Politécnica Superior. DOI: <http://hdl.handle.net/10486/698151>.
- Cruz Carrillo, M. de C.. H. (2021). *El control y detección de incendios forestales para las fuerzas militares y organismos de gestión de riesgos en el Ecuador apoyado en la visión artificial*. *Revista de la Academia del Ejército Ecuatoriano*, 11(1), 5. Obtenido de: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Academia-de-guerra/article/view/V11N1ART17>.
- Digital Box. (2019). *14 usos de drons que seguro no conocías*. obtenido de: [https://digitalbox.com.ec/blogs/25\\_14-usos-de-drones-que-seguro-no-conoc%C3%ADas.html](https://digitalbox.com.ec/blogs/25_14-usos-de-drones-que-seguro-no-conoc%C3%ADas.html).
- Escalante Torrado, J. O., Cáceres Jiménez, J. J., y Porras Díaz, H. (2017). *Orthomosaics and digital elevation models generated from ima-*



ges taken with UAV systems. *Tecnura*, 20(50), 119–140. <https://doi.org/10.14483/22487638.11566>.

Ferrándiz San José, J. (2021). *Enjambres de drones aplicados al mapeo de áreas rurales y la prevención de incendios*. UAM Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Ingeniería Informática. <http://hdl.handle.net/10486/698220>.

García C. B., Calle C. G., Castillo J. F. y Muñoz F.,(2022) “Methodology for Infrastructure Site Monitoring using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA)*, 13(3), 2022. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130342>.

IDIGER, Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2022). *Caracterización General del Escenario de Riesgo por Incendio Forestal*. Obtenido de: <https://www.idiger.gov.co/rincendiof>.

Lencinas, J.D., Parodi, E., Van den Heede, B. y Heitzmann, L. (2016). Desarrollo y construcción de un vehículo aéreo no tripulado aplicado a los incendios forestales. *Revista: 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 5(4), 27-35. DOI: <https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/desarrollo-construccion-vehiculo-aereo-no-tripulado-aplicado-los-incendios-forestales/>.

Londoño, J. A., Rivera Erazo, J. E., Díaz Franco, E. A. (2019). *Propuesta de alerta temprana ante incendios forestales mediante dron*. IUE Institución universitaria de envigado. <http://bibliotecadigital.iue.edu.co//jspui/handle/20.500.12717/449>.

Madridano, Á., Campos, S., Al-Kaff, A., García, F., Martín, D., Escalera, A. (2020). Unmanned aerial vehicle for fire surveillance and monitoring. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial* 17, 254-263. <https://doi.org/10.4995/riai.2020.11806>.

Martín-Borregón Domènech, D. (2012, April 20). *Sistema de detección de incendios forestales utilizando técnicas de procesamiento de imagen (Proyecto/Treball Final de Carrera)*. UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona, Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2099.1/15216>.

- Pausas J. G. (2012). Incendios Forestales una vision desde la ecologia.[En línea] Madrid. <https://digital.csic.es/handle/10261/56575>
- Rodríguez, D. (2021). “Fenómeno natural”.Concepto definición.de. Obtenido de: <https://conceptodefinicion.de/fenomeno-natural/>.
- RSE, Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad. (s.f). *Desastres naturales: que son, definición, tipos, características y prevención*. Obtenido de: [https://www.responsabilidadsocial.net/desastres-naturales-que-son-definicion-tipos-caracteristicas-y-prevencion/#Que\\_son\\_los\\_desastres\\_naturales](https://www.responsabilidadsocial.net/desastres-naturales-que-son-definicion-tipos-caracteristicas-y-prevencion/#Que_son_los_desastres_naturales).
- Toriz P., A., Raygoza B., M., Martínez N, D. (2017). Modelo de inclusión tecnológica UAV para la prevención de trabajos de alto riesgo, en industrias de la construcción basado en la metodología IVAS. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.09.004>.
- Torres-Sánchez, Jorge y Peña-Barragán, José M y De Castro, Ana y López-Granados, Francisca. (2014). Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV. *Computers and Electronics in Agriculture*. 103. 104–113. DOI: 0.1016/j.compag.2014.02.009.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2022). *Reglas generales de vuelo y de operación*. [online] Available at: <https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/reglamentacion/rac>.
- UNDRR, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres. (s.f). *Los Fenómenos naturales y los desastres*. Obtenido de: <https://www.eird.org/fulltext/ABCDesastres/teoria/desastres.htm>.
- Watts, A. C. Ambrosia, VG y Hinkley, E.A. (2012). Sistemas de aeronaves no tripuladas en teledetección e investigación científica: clasificación y consideraciones de uso. *Detección remota* , 4 (6), 1671–1692. <https://doi.org/10.3390/rs4061671>.
- Zhang, C., Kovacs, J. M. (2012). La aplicación de pequeños sistemas aéreos no tripulados para la agricultura de precisión: una revisión. *Precision Agric* 13, 693–712 . <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.
- Z. A. Memon, M. Z. Abd. Majid y M. Mustaffar (2012). “The Use Of Photogrammetry Techniques To Evaluate The Construction Project Progress”, *J. Teknol.* Junio. doi: <https://doi.org/10.11113/jt.v44.358>.

## Capítulo 8.

# Comparación de levantamientos topográficos georreferenciados y sin georreferenciar realizados con drones

*Esp. Carlos Mauricio Mosquera Pérez*  
Universidad del Valle  
carlos.mosquera@correounivalle.edu.co

*M.Sc. Diego Fernando Cabezas Alzate*  
Universidad Santiago de Cali  
<https://orcid.org/0000-0003-0250-6980>  
esp.aplitecnodrones@usc.edu.co

*Cita este capítulo:*

Mosquera Pérez, C. M. y Cabezas Alzate, D. F. (2022). Comparación de levantamientos topográficos georreferenciados y sin georreferenciar realizados con drones. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceño, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroñero, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Alzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 213-241). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Resumen

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV), comúnmente conocidos como drones, se han convertido en una enorme ayuda para los profesionales en el campo de la topografía y la ingeniería, puesto que es posible llevar a cabo levantamientos topográficos de la misma calidad que aquellos realizados de manera tradicional recopilando medidas de alta precisión siempre y cuando se utilicen junto a tecnologías GNSS, aunque en una fracción de tiempo mucho menor; esto reduce considerablemente el costo de la topografía y del volumen de trabajo sobre el terreno. A esta metodología, la cual permite la realización de topografía con UAVs, se le conoce como fotogrametría con drones. Este trabajo, permitió comparar el desplazamiento entre un ortomosaico georreferenciado mediante puntos de control (GCPs) y un ortomosaico sin georreferenciar, ambos obtenidos mediante fotogrametría con dron, para exponer la necesidad de incluir los GCPs como un producto fundamental al momento de procesar los datos fotogramétricos, con el fin de obtener precisiones por el orden de los centímetros para los productos cartográficos obtenidos. Para este caso se utilizaron dos vuelos fotogramétricos, en distintas ubicaciones de la ciudad de Cali (Colombia), levantados con un dron Phantom 4 Pro V2 y un Phantom RTK, y se compararon los resultados de los ortomosaicos obtenidos mediante el procesamiento con y sin puntos de control (GCPs), obteniendo desplazamientos mayores a 0.50 metros con un UAV con receptor GNSS RTK y desplazamientos mayores de 3.5 metros con UAV con un receptor GNSS normal. De esta manera se pudo concluir que para realizar una buena cartografía de calidad de zonas gran extensión y de pequeña extensión los UAV son de gran ayuda siempre y cuando se complemente las fotografías aéreas con GCPs y estos sean tomados con receptores GNSS de precisión milimétrica o centimétrica de acuerdo a la escala que se vaya a plantear en la cartografía.

**Palabras clave:** Fotogrametría, levantamiento topográfico, vehículos aéreos no tripulados (VANTs), puntos de control terrestre (GCP).

## Abstract

Unmanned Aerial Vehicles (UAV), commonly known as drones, have become a huge help for professionals in the field of surveying and engineering, since it is possible to carry out topographic surveys of the same quality as those carried out in a traditional way, collecting high-precision measurements as long as they are used together with GNSS technologies, although in a much smaller fraction of the time; this considerably reduces the cost of surveying and the volume of work in the field. This methodology, which allows topography to be carried out with UAVs, is known as drone photogrammetry. This work made it possible to compare the displacement between a georeferenced orthomosaic using control points (GCPs) and an ungeoreferenced orthomosaic, both obtained by drone photogrammetry, to expose the need to include GCPs as a fundamental product when processing photogrammetric data. , in order to obtain precision in the order of centimeters for the cartographic products obtained. For this case, two photogrammetric flights were used, in different locations of the city of Cali (Colombia), raised with a Phantom 4 Pro V2 drone and a Phantom RTK, and the results of the orphotomosaics obtained by processing with and without were compared. control points (GCPs), obtaining displacements greater than 0.50 meters with a UAV with a GNSS RTK receiver and displacements greater than 3.5 meters with a UAV with a normal GNSS receiver. In this way it was possible to conclude that to carry out good quality mapping of large and small extension areas, UAVs are of great help as long as aerial photographs are complemented with GCPs and these are taken with millimeter or centimeter precision GNSS receivers. according to the scale to be considered in the cartography.

**Keywords:** Photogrammetry, topographic survey, unmanned aerial vehicles (UAVs), ground control points (GCP).

## Introducción

En la actualidad, con el desarrollo tecnológico, los sistemas aéreos no tripulados de Clase A (UAVs <25 kg) de costo relativamente bajo (< 25.000 USD) han sido utilizados para suplir necesidades en diferentes disciplinas, como por ejemplo aplicaciones en agricultura de precisión, reconstrucción arqueológica, cartografía y modelado 3D, geomorfología, monitoreo ambiental y algunas otras disciplinas más en los que se han explotado los UAVs (Rokhmana et al., 2015; Zanutta et al., 2020; Remondino et al., 2013 y Rodrigues et al., 2021).

La fotogrametría con drones se ha constituido como una de las técnicas más usadas al momento de levantar y procesar la información espacial que se deriva en la obtención de productos cartográficos como ortomosaicos georreferenciados, modelos de elevación digital (DEM), modelos digitales de superficie (MDS), curvas de nivel, entre otros (Syetawan et al., 2020). Estos productos fotogramétricos, generalmente son utilizados para extraer información como distancias, cotas de alta precisión o mediciones volumétricas, que requieren datos muy precisos en cuanto a su referencia espacial (coordenadas). (Barry y Coakley. 2013).

Para que la fotogrametría con dron se constituya como una herramienta clave al momento de generar productos cartográficos de precisión, es necesario que las metodologías usadas para la captura y generación fotogramétrica, cuenten con los estándares mínimos de calidad, los cuales contemplan tener puntos de control terrestre (“Ground Control Point” GCP) con coordenadas conocidas, para poder ser establecidos como puntos de referencia y, de esta manera, calibrar mejor el proceso fotogramétrico (Kalacska et al., 2020; Xu Wang et al., 2021; Chudley et al., 2019). Generalmente estos GCP se colocan en sitios visibles por el UAV y son georreferenciados por receptores GNSS ya sea de forma estática o cinemática, obteniendo precisiones de 0.005m a 0.015m dependiendo del tipo y configuración del receptor (McMahon et al., 2021; Stott et al., 2020).

Algunos UAVs incorporan sistemas de posicionamiento GNSS propios, los cuales ayudan, en gran medida, a obtener resultados mucho más fiables en cuanto a la precisión espacial de los datos capturados (Mian et al., 2016). Esto ha permitido que, bajo condiciones ideales, estos drones permitan obtener resultados fotogramétricos con precisiones que están por el orden de los decímetros e incluso centímetros (Mulakala, 2020 y Kitlin

2021). A pesar de esto, esta tecnología por sí sola no supe las necesidades de calidad fotogramétrica que deberían tener los productos obtenidos, siendo estrictamente necesario, la utilización de puntos de control terrestres que permitan realizar ese control fotogramétrico y de calidad, requeridos para esta clase de datos (Syetiawan et al., 2020). El uso desmedido de los drones en la fotogrametría, junto con la omisión en la utilización de GCPs para su control fotogramétrico, se ha constituido como uno de los mayores limitantes al momento de obtener productos fotogramétricos de precisión (Taddia et al., 2020; Samboko et al., 2022 y Long et al., 2016).

Un método convencional utilizado en fotogrametría es tener puntos de control en tierra (GCP), que sean visibles e identificables en las fotografías, cuyas coordenadas se obtienen, por lo general, con métodos de levantamientos GNSS de precisión (PPK, NTRIP, RTK) y que luego se utilizan para trasladar la información espacial levantada, de un sistema de relativo, a un sistema absoluto georreferenciado. (Daakir et al., 2017, Ekaso et al., 2020; Przybilla et al., 2020).

Para hacer la georreferenciación o toma de las coordenadas de los GCPs se utiliza el sistema de configuración diferencial de GPS (DGPS), como cinemático postprocesado (PPK), cinemático en tiempo real (RTK) o NTRIP (Network Transportation of RTCM Vía Internet Protocol), los cuales permiten obtener resultados mucho más precisos (coordenadas con un sistema de referencia definidas). Uno de los métodos mencionados anteriormente, que es usado con mucha frecuencia, es el método RTK, este se basa en utilizar simultáneamente 2 receptores GNSS, uno llamado “Base” y otro “Rover”; el receptor Base permanece estático mientras que el Rover es el que se desplaza a lo largo del terreno, posicionando y obteniendo de forma precisa las coordenadas reales de los puntos donde se posiciona el equipo (Kalacska et al., 2020). Este método de posicionamiento, basa su funcionamiento en la emisión de correcciones diferenciales, generadas por la estación Base, hacia la estación Rover, obteniendo coordenadas corregidas en tiempo real (Seeber, 2003).

Un punto de control en tierra “GCP” es un lugar físico en tierra del cual se conoce su posición respecto a un sistema de coordenadas (x, y, z) y se utilizan como referencia; normalmente los GCPs se establecen con la finalidad de ofrecer información de georreferenciación a objetos espaciales y/o fenómenos de interés de acuerdo a las necesidades o naturaleza específica de cada proyecto (Cruz, 2008; Pérez, 2001).



De las diferentes modalidades de posicionamiento GPS, la técnica diferencial o relativa es la que ofrece hasta ahora los mejores resultados en precisión; este método consiste en dos o más estaciones, observando de forma simultánea hacia los mismos satélites y donde al menos una de ellas presenta coordenadas conocidas y de alta precisión (estación “Base”) (Pratap y Misra, 2006), cuyo objetivo es generar las correcciones diferenciales para las coordenadas tomadas en las demás estaciones. Los más recientes avances en la ciencia y la tecnología llegaron a tener algunos desarrollos como cambios beneficiosos en la metodología observacional, la comunicación a través de la red de redes telefónicas e internet, proporcionan a la comunidad involucrada con las geociencias, una novedosa herramienta para la determinación de posiciones tridimensionales que es llamada “NTRIP” (Networked Transport of RTCM). El método NTRIP consiste en la transmisión de correcciones diferenciales GNSS, originalmente en formato estándar RTCM, mediante el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), las cuales son calculadas desde una estación de referencia Base y recibidas por el otro receptor móvil “Rover” vía Internet (Waese, 2006; Márquez, 2007).

Según Pérez (2001), para tener un mayor control en la corrección tanto planimétrica como altimétrica de las imágenes, es necesario el establecimiento de cinco GCPs, distribuidos de la siguiente manera: 2 en cada una las esquinas superiores, 2 en cada una de las esquinas inferiores y uno en el centro, esto con la finalidad de obtener una mayor precisión al momento de efectuar el proceso de restitución, ya que resulta arriesgado realizarla fuera de los límites que encierra el cuadrilátero que une estos puntos, así como poder corregir las inclinaciones longitudinales y transversales de la fase de orientación absoluta.

En la actualidad la fotogrametría con drones es uno de los métodos más utilizados al momento de realizar levantamientos topográficos, obteniendo significativas reducciones de costos, tiempos, equipos y personal, obteniendo resultados muy precisos, siempre y cuando se tengan en cuenta los requerimientos y procedimientos de calidad mínimos para la captura y el procesamiento de los datos fotogramétricos.

Por eso la razón de este estudio para poder comparar los desplazamientos de un ortomosaico georreferenciado con puntos de control (GCPs) tomados con receptores GNSS con el método de RTK y un ortomosaico sin georreferenciar el cual se utiliza la precisión del receptor GNSS de cada uno de los drones, este estudio se realizó en 2 zonas distintas con 2 drones con



características distintas en cuanto al receptor GNSS, y poder compararlo con un ortomosaico como fuente primaria para saber si es aceptada en instituciones públicas y pasan los controles de calidad.

## Materiales y métodos/metodología

### **Materiales**

Para el desarrollo de este estudio se tuvieron un total de 456 fotografías tomadas con UAVs 95 se tomaron con el DRONE Phamton 4 Pro V2.0 y 361 fotos se tomaron con el DRONE Phamton Topografic RTK ambos drones de la casa fabricante de DJI (ver Figura 1), la zona de estudio fue la ciudad de Santiago de Cali con coordenadas geográficas 3°26'24"N, 76°31'11"O. También se tiene una ortofoto de Santiago de Cali del año 2010 como fuente primaria. Para el tratamiento de las imágenes se utilizaron principalmente los softwares Agisoft Metashape Professional 1.7.0 y Qgis 3.22.5.

Figura 1

Equipos UAVs utilizados

(a) Phantom 4 Pro V2



(b) Phantom RTK



Fuente: Página oficial fabricante (DJI), 2022.

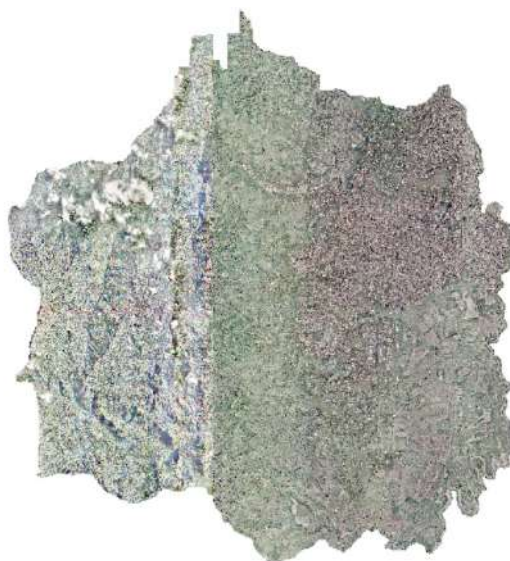
El ortomosaico suministrado de Cali (2010) tiene los siguientes aspectos técnicos:

Tabla 1  
Aspectos técnicos de ortomosaico Cali 2010

Información	Ortomosaico Cali 2010
Sistema de Referencia	Magna Sirgas Cali
Municipio	Santiago de Cali
Departamento	Valle del Cauca
Resolución Espacial	0,299 m de píxel
Resolucion Espectral	4 Bandas (RGB)
Resolucion Radiometrica	8 Bits
No. De Columnas	100253
No. De Filas	108589

Fuente: elaboración propia.

Figura 2  
Ortomosaico de Cali año 2010



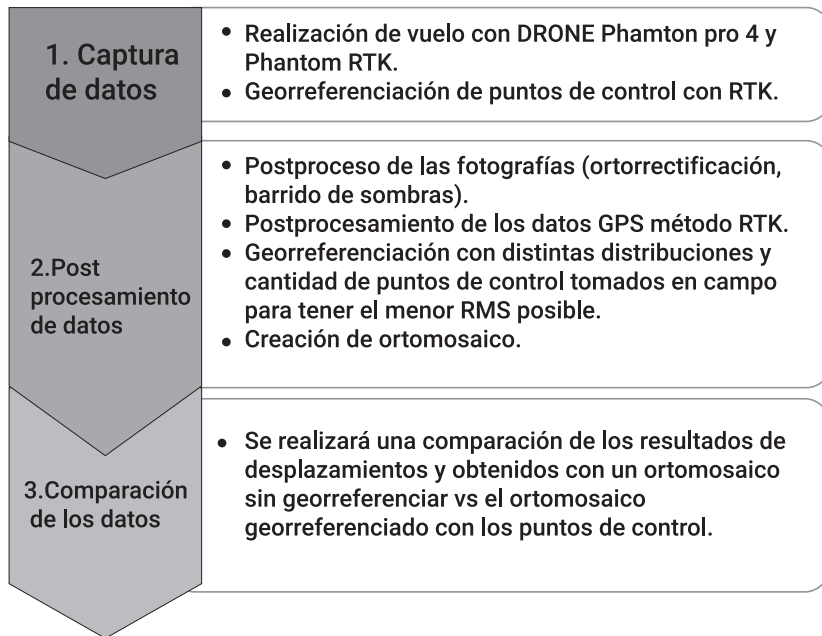
Fuente: Alcaldía De Santiago de Cali, 2022.

## Metodología

Como esquema metodológico, se plantearon 3 pasos principales; la recolección de los datos, su procesamiento fotogramétrico mediante la utilización y la no utilización de los GCPs y, finalmente, la comparación de los resultados obtenidos para ambos casos (Ver Figura 3).

Figura 3

Esquema metodológico general



Fuente: elaboración propia.

Para la captura de datos, se realizaron dos (2) vuelos en dos (2) zonas distintas de la ciudad de Santiago de Cali en su casco urbano. Ambas zonas se describen a continuación junto con los parámetros de vuelo establecidos para cada una.

### Vuelo fotogramétrico No. 1

Zona de Estudio Carrera 66 con Calle 13 (3°23'53.4"N, 76°32'13.3"W). Se realizó el vuelo a una altura de 100 metros, para un área de estudio de 6.87 Ha, como resultado se obtuvieron 361 fotografías tomadas con el DRONE

Phanton RTK, para esta zona se colocaron 8 puntos de control marcados en zona libres de vegetación y que fueran fácilmente identificables en las imágenes capturadas por el dron, para ello se utilizó una marca en acetato con forma de una “L” con medidas de 40cm X 30cm y se pintó con pintura de aceite color blanco y fueron georreferenciados con 2 receptores (uno se utilizó como Base y el otro como Rover) GNSS doble frecuencia multi-constelaciones con el método de posicionamiento RTK, cada punto georreferenciado fue la parte interna de la “L”; dejando una interacción mínima de 30 segundos por punto en el tipo de solución “Fijo” o “Fix”.

Figura 4

Marcas de los puntos de control de la primera zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2**

Coordenadas de los puntos de control en el sistema de referencia Magna Sirgas Cali de la primera zona de estudio

Nombre	Coordenadas		
	Este	Norte	Altura
PC1	1060169,23	867533,263	988,633
PC2	1060010,02	867533,009	988,285
PC3	1060019,51	867613,572	987,529
PC4	1060087,8	867779,521	987,629
PC5	1060183,94	867768,905	986,826
PC6	1060325,37	867726,12	986,289
PC7	1060306,08	867532,751	985,554
PC8	1060054,94	867544,428	988,066

Fuente: elaboración propia.

Todas las fotos se cargaron en el software Agisoft Metashape, primero se realizó la orientación de las fotos en calidad máxima, seguidamente se georreferenciaron las imágenes con los 8 puntos de control teniendo un RMS de desplazamiento de 0.024 metros, luego se realizó la nube de puntos densa en calidad alta, posteriormente se creó la malla en calidad alta y finalmente el ortomosaico georreferenciado, para el otro ortomosaico se realizaron los mismos pasos en la misma calidad solamente se omitió el paso de la georreferenciación de las fotos antes de la creación de la nube de puntos densa y así obtener un ortomosaico georreferenciado solo con las coordenadas tomadas por el dron.

## Figura 5

Ortomosaico obtenido de las 365 fotografías de la primera zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

Los aspectos técnicos de los 2 ortomosaicos es la misma debido a que se hizo con los mismos parámetros, algunos de ellos se pueden visualizar en la Tabla 3.

## Tabla 3

Aspectos técnicos de los ortomosaicos de la primera zona de estudio

Información	Con Puntos de Control	Sin Puntos de Control
Sistema de Referencia	Magna Sirgas Cali	Magna Sirgas Cali
Municipio	Santiago de Cali	Santiago de Cali
Departamento	Valle del Cauca	Valle del Cauca
Resolución Espacial	0,021m de píxel	0,021m de píxel
Resolución Espectral	3 Bandas (RGB)	3 Bandas (RGB)
Resolución Radiométrica	8 Bits	8 Bits
No. de Columnas	25399	25399
No. de Filas	23228	23228

Fuente: elaboración propia.

## Vuelo fotogramétrico No. 2

Zona de estudio Carrera 52 con Calle 2 (3°24'52.7"N, 76°33'08.1"W). Se realizó el vuelo a una altura de 100 metros, para un área de estudio de 0.87 Ha, como resultado se obtuvieron 95 fotografías tomadas con el DRONE Phanton 4 Pro V2.0, para esta zona se colocaron 3 puntos de control donde se puede abordar toda el área a cartografiar, a diferencia de la primera zona de estudio en esta zona se colocaron "Dianas" en tela de color rojo y negro de 50cm X 50cm, y fueron georreferenciados con 2 receptores (uno se utilizó como Base y el otro como Rover) GNSS doble frecuencia multi-constelaciones con el método de posicionamiento RTK, cada punto georreferenciado fue el centro de la "Diana"; dejando una interacción mínima de 30 segundos por punto en el tipo de solución "Fijo" o "Fix".

Tabla 4

*Puntos de Control en el sistema de referencia Magna Sirgas Cali de la segunda zona de estudio*

Nombre	Coordenadas		
	Este	Norte	Altura
PC1	1058367,240	869387,728	972,279
PC2	1058460,148	869363,305	971,517
PC3	1058374,969	869296,493	973,303

Fuente: elaboración propia.

Figura 6

Puntos de control con “Dianas” de la segunda zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

Para estas fotos se realizó el mismo proceso mencionado anteriormente con la primera zona de estudio, igual se obtuvieron 2 ortomosaicos; un ortomosaico georreferenciado con los puntos de control tomados con el receptor GNSS en campo y el otro ortomosaico georreferenciado con el receptor GNSS del dron.



Figura 7

Ortomosaico obtenido de las 95 fotografías de la segunda zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los aspectos técnicos de los 2 ortomosaicos son los mismos parámetros, algunos de ellos se pueden visualizar en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5

Aspectos técnicos de los ortomosaicos de la segunda zona de estudio

Información	Con Puntos de Control	Sin Puntos de Control
Sistema de Referencia	Magna Sirgas Cali	Magna Sirgas Cali
Municipio	Santiago de Cali	Santiago de Cali
Departamento	Valle del Cauca	Valle del Cauca
Resolución Espacial	0,020m de píxel	0,020m de píxel
Resolucion Espectral	3 Bandas (RGB)	3 Bandas (RGB)
Resolucion Radiometrica	8 Bits	8 Bits

<b>Información</b>	<b>Con Puntos de Control</b>	<b>Sin Puntos de Control</b>
No. De Columnas	20732	20732
No. De Filas	17277	17277

Fuente: elaboración propia.

Luego de tener cada uno de los ortomosaicos se marcaron puntos homólogos en todos los ortomosaicos y en la ortofoto de Cali 2010 suministrada como fuente primaria, para ello se utilizaron esquinas de techos, bordes de piscinas, bordes de vía y reductores de velocidad, se eligieron estos puntos porque no se encontraron variación de ellos en el tiempo debido a que la fuente primaria es del 2010 y las fotos tomadas fueron del año 2021. Para la primera zona de estudio que fue la Carrera 66 con Calle 13, se realizaron 16 puntos donde se calculó en cada uno de los puntos las coordenadas Estes y Nortes como se puede apreciar en la siguiente Tabla 6.

Tabla 6

Puntos homólogos de la primera zona de estudio de los ortomosaicos obtenidos y el ortomosaico Cali 2010

<b>Nombre</b>	<b>Georreferenciado</b>		<b>Sin Georreferenciar</b>		<b>Ortomosaico Cali 2010</b>	
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
Control 1	1060029,949	867563,647	1060030,648	867563,704	1060030,353	867563,716
Control 2	1060082,549	867629,370	1060083,159	867629,400	1060082,308	867629,439
Control 3	1060086,782	867604,234	1060087,341	867604,247	1060086,845	867604,545
Control 4	1060142,411	867748,763	1060143,117	867748,329	1060142,725	867748,717
Control 5	1060106,030	867773,370	1060106,678	867772,946	1060106,158	867773,455
Control 6	1060135,664	867800,225	1060136,296	867799,788	1060135,749	867800,375
Control 7	1060163,842	867761,331	1060163,918	867760,986	1060164,791	867761,350
Control 8	1060301,770	867777,021	1060301,934	867776,936	1060301,908	867777,186
Control 9	1060318,319	867764,050	1060318,121	867763,539	1060318,104	867764,314
Control 10	1060331,120	867719,949	1060330,867	867719,528	1060331,081	867720,103
Control 11	1060340,063	867643,254	1060339,789	867642,566	1060340,102	867643,719

**Cap. 8:** Comparación de levantamientos topográficos georreferenciados y sin georreferenciar realizados con drones

Control 12	1060336,716	867571,287	1060336,822	867571,267	1060336,706	867571,662
Control 13	1060247,763	867474,489	1060247,534	867475,399	1060247,578	867475,324
Control 14	1060308,897	867530,369	1060308,911	867530,386	1060309,345	867530,530
Control 15	1060125,355	867500,419	1060126,022	867501,018	1060125,020	867500,830
Control 16	1059971,583	867506,306	1059972,791	867506,553	1059971,873	867506,720

Fuente: elaboración propia.

Figura 8

Localización de los puntos homólogos, zona de estudio 1



Fuente: elaboración propia.

Para la segunda zona de estudio se realizó lo mismo se marcaron de igual forma puntos homólogos, pero por ser un área más pequeña se obtuvieron

12 puntos, para ello se utilizaron bordes de escaleras, bordes de vía, borde de gradería, esquinas de construcción que hay en el Skyte Park, se eligieron estos puntos porque no se encontraron variación de ellos en el tiempo debido a que la fuente primaria es del 2010 y las fotos tomadas fueron del año 2021.

Tabla 7

Puntos homólogos de la segunda zona de estudio de los ortomosaicos obtenidos y el ortomosaico Cali 2010

Nombre	Georreferenciado		Sin Georreferenciar		Ortomosaico Cali 2010	
	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte
Control 1	1058524,000	869318,776	1058522,033	869321,705	1058523,858	869318,319
Control 2	1058491,291	869302,399	1058489,423	869305,528	1058491,173	869302,208
Control 3	1058405,500	869270,748	1058403,913	869274,074	1058404,845	869270,823
Control 4	1058491,111	869376,532	1058489,500	869379,233	1058491,435	869376,286
Control 5	1058481,649	869267,487	1058480,054	869270,537	1058481,592	869267,515
Control 6	1058424,383	869398,100	1058423,053	869401,003	1058424,372	869398,308
Control 7	1058481,710	869311,309	1058479,902	869314,337	1058481,704	869311,307
Control 8	1058448,227	869322,427	1058446,480	869325,617	1058448,315	869322,299
Control 9	1058398,154	869378,221	1058396,812	869381,251	1058398,236	869378,311
Control 10	1058396,534	869373,061	1058395,066	869376,210	1058396,548	869372,556
Control 11	1058365,445	869383,115	1058364,189	869386,410	1058364,832	869383,143
Control 12	1058243,201	869331,083	1058238,630	869334,962	1058243,256	869331,083

Fuente: elaboración propia.

Figura 9

Localización de los puntos homólogos, zona de estudio 2



Fuente: elaboración propia.

## Resultados y Discusión

Cálculo del desplazamiento entre los puntos de control de los ortomosaicos obtenidos de las fotografías tomadas en campo

Como primer resultado se obtuvo el desplazamiento entre los puntos de control que se colocaron al momento de realizar el vuelo, el desplazamiento se calculó con la fórmula general que es la siguiente:

$$S = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$$

(1)

Donde:

S = Desplazamiento entre 2 puntos.

X2 = Coordenada Este del ortomosaico georreferenciado.

X1 = Coordenada Este del ortomosaico sin georreferenciar.

Y2 = Coordenada Norte del ortomosaico georreferenciado.

Y1 = Coordenada Norte del ortomosaico sin georreferenciar.

Obteniendo así, los siguientes resultados para la primera zona de estudio.

**Tabla 8**

*Desplazamiento entre los puntos de Control del ortomosaico georreferenciado us el ortomosaico sin georreferenciar de la primera zona de estudio*

Nombre	Georreferenciado		Sin Georreferenciar		Desplazamiento (m)
	Este	Norte	Este	Norte	
PC1	1060169,234	867533,263	1060169,661	867533,519	0,498
PC2	1060010,022	867533,009	1060011,078	867533,237	1,080
PC3	1060019,508	867613,572	1060020,387	867613,503	0,881
PC4	1060087,803	867779,521	1060088,389	867779,005	0,781
PC5	1060183,937	867768,905	1060184,247	867768,399	0,592
PC6	1060325,372	867726,120	1060325,143	867725,751	0,435
PC7	1060306,085	867532,751	1060306,199	867532,869	0,164
PC8	1060054,936	867544,428	1060055,783	867544,656	0,877
Promedio					0,664

Fuente: elaboración propia.

Figura 10

Desplazamiento de cada uno de los puntos de control de la primera zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

Para la primera zona de estudio se obtuvo un desplazamiento promedio entre los puntos de control colocados el día del vuelo de 0.664 metros.

Para la segunda zona de estudio se realizó el mismo procedimiento obteniendo un promedio de desplazamiento fue de 3.460 metros, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Desplazamiento entre los puntos de Control del ortomosaico georreferenciado vs el ortomosaico sin georreferenciar de la segunda zona de estudio

Nombre	Georreferenciado		Sin Georreferenciar		Desplazamiento (m)
	Este	Norte	Este	Norte	
PC1	1058367,240	869387,728	1058365,970	869390,820	3,343
PC2	1058460,148	869363,305	1058458,526	869366,230	3,345
PC3	1058374,969	869296,493	1058373,440	869299,853	3,692
Promedio					3,460

Fuente: elaboración propia.



Figura 11

Desplazamiento de los puntos de control de la segunda zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

Cálculo del desplazamiento entre los puntos homólogos del ortomosaico georreferenciado, ortomosaico sin georreferenciar y el ortomosaico de Cali 2010

Para realizar este cálculo se utilizó la misma ecuación 1; para comparar cada uno de los ortomosaicos obtenidos y el ortomosaico suministrado de Cali 2010 como fuente primaria; esto con la finalidad de comparar que tanta precisión se puede obtener de cada uno de los ortomosaicos creados a partir de las fotografías del dron y si son o no aceptados en cualquier entidad pública por control de calidad, como insumos de cartografía y con ellos realizar planos topográficos.

Para la primera zona de estudio se obtuvo un desplazamiento promedio entre el ortomosaico georreferenciado vs sin georreferenciar de 0.553 metros, el ortomosaico georreferenciado vs el ortomosaico de Cali 2010 de 0.268 metros y el ortomosaico sin georreferenciar vs el ortomosaico de Cali 2010 de 0.677 metros. En la Tabla 9 se pueden apreciar estos resultados.



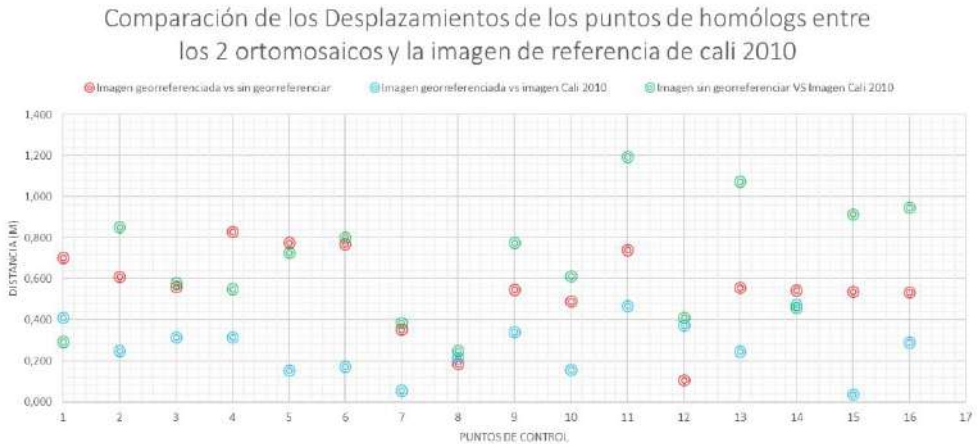
Tabla 10  
Desplazamiento entre cada uno de los ortomosaicos de la primera zona de estudio

Nombre	Georreferenciado		Sin Georreferenciar		Ortomosaico Cali 2010		georreferenciada vs sin georreferenciar	Desplazamiento georreferenciar vs Cali 2010	Sin georreferenciar vs Cali 2010
	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte			
Control 1	1060029,949	867563,647	1060030,648	867563,704	1060030,353	867563,716	0,701	0,410	0,295
Control 2	1060082,549	867629,370	1060083,159	867629,400	1060082,308	867629,439	0,611	0,251	0,852
Control 3	1060086,782	867604,234	1060087,341	867604,247	1060086,845	867604,545	0,559	0,317	0,579
Control 4	1060142,411	867748,763	1060143,117	867748,329	1060142,725	867748,717	0,829	0,317	0,552
Control 5	1060106,030	867773,370	1060106,678	867772,946	1060106,158	867773,455	0,774	0,154	0,729
Control 6	1060135,664	867800,225	1060136,296	867799,788	1060135,749	867800,375	0,769	0,173	0,803
Control 7	1060163,842	867761,331	1060163,918	867760,986	1060163,791	867761,350	0,353	0,055	0,385
Control 8	1060301,770	867777,021	1060301,934	867776,936	1060301,908	867777,186	0,185	0,215	0,251
Control 9	1060318,319	867764,050	1060318,121	867763,539	1060318,104	867764,314	0,547	0,341	0,775
Control 10	1060331,120	867719,949	1060330,867	867719,528	1060331,081	867720,103	0,491	0,158	0,613
Control 11	1060340,063	867643,254	1060339,789	867642,566	1060340,102	867643,719	0,741	0,467	1,195
Control 12	1060336,716	867571,287	1060336,822	867571,267	1060336,706	867571,662	0,108	0,374	0,411
Control 13	1060247,663	867474,489	1060247,534	867475,399	1060247,578	867474,324	0,556	0,247	1,075
Control 14	1060308,897	867530,369	1060308,911	867530,386	1060309,345	867530,530	0,544	0,476	0,458
Control 15	1060125,355	867500,419	1060126,022	867501,018	1060125,320	867500,430	0,538	0,038	0,916
Control 16	1059971,583	867506,306	1059972,791	867506,553	1059971,873	867506,320	0,536	0,291	0,947
					Promedio		0,553	0,268	0,677

Fuente: elaboración propia.

Figura 12

Desplazamiento de los puntos homólogos comparados entre cada uno de los ortomosaicos y el ortomosaico de referencia de la primera zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

Para la segunda zona de estudio se obtuvo un desplazamiento promedio entre el ortomosaico georreferenciado vs sin georreferenciar de 3.676 metros, el ortomosaico georreferenciado vs el ortomosaico de Cali (2010) de 0.291 metros y el ortomosaico sin georreferenciar vs el ortomosaico de Cali 2010 de 3.733 metros. En la Tabla 11 se pueden apreciar estos resultados.

Tabla 11  
Desplazamiento entre cada uno de los ortomosaicos de la segunda zona de estudio

Nombre	Georreferenciado		Sin Georreferenciar		Ortomosaico Cali 2010		georreferenciada vs sin georreferenciar	Desplazamiento	
	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte		georreferenciado vs Cali 2010	Sin georreferenciado vs Cali 2010
Control 1	1058524,000	859318,776	1058524,033	859321,705	1058523,858	859318,319	3,528	0,479	3,846
Control 2	1058491,291	859302,399	1058489,423	859305,528	1058491,173	859302,208	3,644	0,224	3,754
Control 3	1058405,500	859270,749	1058403,913	859274,074	1058404,845	859270,823	3,685	0,659	3,988
Control 4	1058491,111	859376,532	1058489,500	859379,233	1058491,493	859376,286	3,145	0,407	3,526
Control 5	1058481,649	859267,487	1058480,054	859270,537	1058481,592	859267,515	3,442	0,063	3,391
Control 6	1058424,383	859398,100	1058423,053	859401,003	1058424,372	859398,308	3,193	0,208	3,001
Control 7	1058481,710	859311,309	1058479,902	859314,337	1058481,704	859311,307	3,527	0,006	3,526
Control 8	1058448,227	859322,427	1058446,480	859325,617	1058448,315	859322,299	3,637	0,155	3,792
Control 9	1058398,154	859378,221	1058396,812	859381,251	1058398,236	859378,311	3,314	0,122	3,266
Control 10	1058396,584	859373,051	1058395,066	859376,210	1058396,548	859372,556	3,474	0,505	3,948
Control 11	1058365,445	859383,115	1058364,189	859386,410	1058364,832	859383,143	3,525	0,613	3,930
Control 12	1058243,201	859331,083	1058238,650	859334,962	1058243,256	859331,083	5,994	0,055	6,037
						Promedio	3,676	0,291	3,738

Fuente: elaboración propia.

Figura 13

Desplazamiento de los puntos homólogos comparados entre cada uno de los ortomosaicos y el ortomosaico de referencia de la segunda zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Al realizar la comparación entre los ortomosaicos georreferenciados y el ortomosaico como fuente primaria de Cali del año 2010 no se obtuvieron desplazamientos promedios mayores a 0.30 metros que son bastante buenos y aceptables al momento de realizar una cartografía y posteriormente realizar un plano topográfico, debido a que este error de desplazamiento se puede atribuir a que la resolución espacial (tamaño de píxel) del ortomosaico de Cali es de 0.299 metros, un tamaño mayor que el de cada uno de los ortomosaicos obtenidos con los UAVs.

Al realizar la comparación entre el ortomosaico georreferenciado y el ortomosaico sin georreferenciar de la primera zona de estudio se obtuvo un desplazamiento promedio de 0.553 metros, un desplazamiento alto debido a que la casa fabricante de este dron estima que la precisión de desplazamiento es de 0.030 metros, pero para poder llegar a esta precisión se necesita del apoyo de los puntos de control y de una Base de referencia para que el receptor GNSS que tiene este dron pueda hacer unas mejores correcciones al momento de la toma de las fotografías.

Cuando se comparó el ortomosaico georreferenciado y sin georreferenciar de la segunda zona de estudio se obtuvo un desplazamiento promedio de 3.676 metros, que demasiado grande y no serviría si este insumo va

hacer utilizado para cartografía georreferenciada o ser utilizada para levantamientos topográficos, este error de desplazamiento se debe a que el receptor GNSS del Phantom 4 Pro V.20 no realiza correcciones y es de precisión métrica y más si estamos en una zona tropical donde la señal GNSS es afectada por varios factores y uno de los más importantes es la ionosfera. Por eso si se va a utilizar este tipo de dron se debe utilizar GCPs para garantizar la precisión.

Al comparar los ortomosaicos sin georreferenciar con el ortomosaico de Cali del año 2010 se encontraron desplazamientos promedio en la primera zona de estudio de 0.677 metros y en la segunda zona de estudio de 3.733 metros siendo estos insumos más como informativos sin llegar hacer aceptados por entidades públicas para cartografía o como fuente de topografía.

Realizar un levantamiento topográfico con apoyo de UAVs y combinado con receptores GNSS es de gran ayuda ya que nos permite economizar tiempo al momento de realizar captura de la información haciendo que los costos sean menores si se hace de la manera convencional.

## Referencias

- Álvarez, J. A. (2001). Apuntes de fotogrametría III. Mérida, España. Ingeniería Técnica en Topografía. p. 242. Mérida, España.
- Barry, P. y Coakley, R. (2013). "Field Accuracy Test of RPAS Photogrammetry". The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. pp. 27-31.
- Chudley, T. R., Christoffersen, P., Doyle, S. H., Abellan, A., & Snooke, N. (2019). High-accuracy UAV photogrammetry of ice sheet dynamics with no ground control. *The Cryosphere*, 13(3), 955-968.
- Cunha, R. R., Arrabal, C. T., Dantas, M. M., & Bassanelli, H. R. (2022). Laser scanner and drone photogrammetry: A statistical comparison between 3-dimensional models and its impacts on outdoor crime scene registration. *Forensic Science International*, 330, 111100.
- Daakir, M.; Pierrot-Deseilligny, M.; Bossier, P.; Pichard, F.; Thom, C.; Rabot, Y.; Martin, O. (2017). "Lightweight UAV with on-board

- photogrammetry and single-frequency GPS positioning for metrology applications”. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2017, 127, 115–126.
- Ekaso, D., Nex, F., Kerle, N. (2020). “Accuracy assessment of real-time kinematics (RTK) measurements on unmanned aerial vehicles (UAV) for direct geo-referencing”. *Geo-spatial Information Science*, Volume 23, p. 165-181.
- Hubert T. Samboko, S. Schurer, Hubert H. G. Savenije H. Makurira, K. Banda, H. Winsemius (2022). “Evaluating low-cost topographic surveys for computations of conveyance”. *Copernicus GmbH in Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*. Volume 11, pp 1-23.
- Kaitlin. (2021). “Mapeo RTK con el DJI Phantom 4 RTK”. *Enterprise Solutions Engineer | DroneDeploy*.
- Kalacska, M., Lucanus, O., Arroyo-Mora, J. P., Laliberté, É., Elmer, K., Leblanc, G., & Groves, A. (2020). Accuracy of 3d landscape reconstruction without ground control points using different uas platforms. *Drones*, 4(2), 13.
- Long, N., Millescamp, B., Pouget, F., Dumon, A., Lachaussee, N., Bertin, X. (2016) “Accuracy Assessment of Coastal Topography Derived from Uav Images”. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pages 1127-1134.
- Martínez, M. F. C. (2008). *Caracterización de puntos de control en teledetección: aplicación a la corrección geométrica automática de imágenes (Vol. 111)*. Universidad Almería.
- Márquez, A. (2007). *NTRIP Herramienta Indispensable para la Cartografía y el Catastro. II Jornadas Nacionales de Geomática*.
- McMahon, C., Mora, O. E., & Starek, M. J. (2021). Evaluating the performance of sUAS photogrammetry with PPK positioning for infrastructure mapping. *Drones*, 5(2), 50.
- Mian, O., Lutes, J., Lipa, G., Hutton, J. J. , Gavelle, E. y Borghini, S. (2016). “Accuracy Assessment of Direct Georeferencing for Photogrammetric Applications On Small Unmanned Aerial Platforms”. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Pages 77-83.



- Mulakala, J. (2019). Measurement accuracy of the DJI Phantom 4 RTK & photogrammetry. DroneDeploy, Published in Partnership with DJI.
- Pratap, M. y Misra, E. (2006) .“GPS: Signals, Measurements and Performance”, 2nd Ed.Ganga-Jamura. pp 148-155. Lincoln-Massachusetts, EEUU.
- Przybilla, H.-J., Bäumker, M., Luhmann, T., Hastedt, H., Eilers, M. (2020). “Interaction Between Direct Georeferencing, Control Point Configuration and Camera Self-Calibration for RTK-Based UAV Photogrammetry”. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Pages 485-492.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M. y Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling–current status and future perspectives. International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, 38(1), C22.
- Seeber, G. (2008). Satellite geodesy. In Satellite Geodesy. de Gruyter.
- Stott, E., Williams, R. D. y Hoey, T. B. (2020). “Ground Control Point Distribution for Accurate Kilometre-Scale Topographic Mapping Using an RTK-GNSS Unmanned Aerial Vehicle and SfM Photogrammetry”. Drones, Volume 4.
- Syetiawan, A., Gularso, H., Kusnadi, G. y Pramudita, G. (2020) “Precise topographic mapping using direct georeferencing in UAV”. Earth and Environmental Science, Volume 500.
- Waese, C. (2006). “NTRIP purposes and perspectives”. 2nd Trimble GPSnet Users Seminar. München, Alemania.
- Y. Taddia, L. González García, E. Zambello, A. Pellegrinelli. (2020). “Quality Assessment of Photogrammetric Models for Façade and Building Reconstruction Using DJI Phantom 4 RTK” Remote Sensing. Volume 12.
- Zanutta, A.; Lambertini, A.; Vittuari, L. (2020) “UAV Photogrammetry and Ground Surveys as a Mapping Tool for Quickly Monitoring Shoreline and Beach Changes”.





## Capítulo 9.

# Aplicación de Tecnologías Dron para Operaciones de Emergencia

*Juan Manuel Chaves*  
juanmanuelchaves@hotmail.com

*Andrés Camilo Angulo*  
camilomix96@gmail.com

*Dr. Javier Ferney Castillo García*  
<https://orcid.org/0000-0002-0630-3198>  
javier.castillo00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali

*Cita este capítulo:*

Chaves, J. M.; Angulo, A. C. y Castillo García, J. F. (2022). Aplicación de Tecnologías Dron para Operaciones de Emergencia. En: Ortiz Ayala, R.; Valencia Pérez, L. R.; Valencia Pérez, H. F.; Escobar Soto, J. F.; Flórez Zuluaga, J. A.; Quintero Quiceno, S.; Riaño Cubillos, J. S.; Falla Rubiano, A.; Barros Ochoa, A. I.; Salazar Ospina, F. A.; Morante, D.; Cárdenas, P. A.; Cajiao Pardo, L. M.; Giraldo Martínez, G. A.; Ortega Madroñero, M. S.; La Rivera Muñoz, F.; Castillo García, J. F.; Mosquera Pérez, C. M.; Cabezas Álzate, D. F.; (...) y Ordóñez-Castaño, I. A. *Gestión, tecnología y logística empresarial aplicado al sector aeroespacial y otros estudios prospectivos en tendencia* (pp. 243-277). EMAVI Sello Editorial y Editorial Universidad Santiago de Cali.

## Resumen

Observando el creciente uso de la tecnología Dron en las actividades de atención de desastres en diferentes países, la cual ha demostrado ser eficaz y beneficiosa y teniendo en cuenta que en el departamento del Valle del Cauca, esta no ha sido aplicada en todo el espectro de la gestión del riesgo debido a distintos factores como el tecnológico, económico, etc., en el siguiente artículo se planteará el diseño de un Dron polivalente que permita su aplicación en las labores operativas de atención de emergencias, durante el desarrollo del mismo se expondrán las virtudes de la aplicación de la tecnología Dron como una herramienta que puede beneficiar las actividades de búsqueda, salvamento, atención y mitigación en entornos de emergencia en el departamento del Valle del Cauca. Para la consecución de dichos objetivos se presentarán bases referenciales, cálculos, simulaciones y resultados, así como la revisión de la bibliografía pertinente, en la que se puedan apreciar las ventajas del uso de Drones en el campo de la gestión del riesgo.

**Palabras clave:** Dron, UAV, gestión de riesgo, SCI.

## Abstract

Observing the growing use of drone technology in disaster relief activities in different countries, which has proven to be effective and beneficial, and taking into account that in the department of Valle del Cauca, it has not been applied across the spectrum of risk management due to different factors such as technological, economic, etc., in the following article the design of a multipurpose drone will be considered that allows its application in the operational work of emergency care, during its development the virtues will be exposed of the application of drone technology as a tool that can benefit search, rescue, attention and mitigation activities in emergency environments in the department of Valle del Cauca. To achieve these objectives, reference bases, calculations, simulations and results will be presented, as well as a review of the relevant bibliography, in which the advantages of using Drones in the field of risk management can be appreciated.

**Keywords:** Dron, UAV, risk management, SCI.

## Introducción

El Valle del Cauca es un departamento que presenta una condición sociodemográfica particularmente especial debido a múltiples factores emanados por su ubicación, nivel educacional de la población, brechas sociales, población indígena y raizal, actividades ilegales y desgobierno en la mayoría de entes estatales presentes. Lo anterior como se mencionaba, establece en el departamento, una particular fragilidad de índole social, a la hora de presentarse situaciones de atención inmediata tales como inundaciones, deslizamientos, incendios, movimientos telúricos, desplazamiento de población, planificación táctica en situaciones de riesgo de comportamiento social en masa y personas desaparecidas; el manejo de lo anteriormente mencionado ya se encuentra inmerso dentro de modelos internacionales estandarizados de administración de emergencias y desastres donde se vincula el aprovechamiento de nuevas tecnologías, a lo cual la Gobernación del Valle Del Cauca ha venido trabajando desde el año 2017 (Torres Paz et al., 2017); Los bajos niveles de maniobra de los cuerpos para atención local de estas, ocasionan el desaprovechamiento de estas nuevas tecnologías en materia de operaciones de emergencia y consecuentemente el alejamiento de los estándares de administración, dando como resultado unos bajos indicadores al respecto (Torres Paz et al., 2017). El facilitar la integración de soluciones técnica y financieramente asequibles, como las tecnologías Dron aplicadas a estos campos puede apoyar de manera positiva las métricas en los indicadores de atención a emergencias en el departamento (Matamoros Ruiz, 2018).

El desarrollo de la tecnología Dron en diferentes campos de aplicación con el tiempo ha demostrado generar ventajas estratégicas en productividad, costos y eficiencia, estos aspectos no solo impactan el sector productivo de nuestro país, también el apoyo a determinados sectores del Valle del Cauca, altamente vulnerables por diferentes factores Sociodemográficos logran generar factores diferenciadores a la hora de desplegar las capacidades de planeación, prevención y operación, de los organismos de atención a emergencias en situaciones como, movimientos telúricos, inundaciones, incendios, planificación táctica y desplazamiento de población, teniendo en cuenta el uso de los Drones en la gestión del riesgo de desastres que incluso ya se encuentra contemplado como recurso tecnológico en el montaje y operación de la Herramienta Sistema Comando de Incidentes (SCI) dentro de los procesos de conocimiento del riesgo, re-

ducción del mismo y manejo de desastres (United States Agency International Development, 2012), (Alburez Mendieta et al., 2004), pero la baja disponibilidad de oferta a nivel Nacional de Drones que cumpla múltiples funciones en este sector, al igual que los elevados costos de los pocos modelos existentes de Drones que cumplen múltiples funciones en el sector de operaciones de emergencia, generan bajos indicadores positivos en la planeación, prevención y operación del sector, comparados con otros donde esta tecnología es aprovechada en este tipo de operaciones; Lo anterior lleva a una precaria disponibilidad de la tecnología Dron en operaciones de emergencia en el Valle del Cauca, motivada por la difícil aceptación del empleo de la misma, por sus altos costos y escasa disponibilidad. Si se lograra plantear un diseño de Drones polivalentes y, aplicable a operaciones de emergencia, técnica, normativa y financieramente asequible, para instituciones de emergencia, se logrará generar el acceso a esa tecnología a beneficio de la población en general (Ministerio del Interior República de Colombia, 2012).

El objetivo de este trabajo es exponer las ventajas estratégicas de la integración de un Dron polivalente de bajo costo, enfocado a la atención de emergencias en la integración del montaje de la herramienta Sistema de Comando de Incidentes (SCI), dentro de su etapa de operaciones, en el marco de la gestión del riesgo de desastres en el departamento del Valle del Cauca (Pardo Ríos et al., 2016).

Este capítulo está organizado en secciones, donde en la sección 1 es presentada la introducción y los aspectos teóricos que enmarcan este documento. En la sección 2 se presentan los aspectos legales y prototipo de Dron desarrollado para contribuir con el apoyo y mejoramiento en las labores de atención de desastres. En la sección 3 se presentan los resultados y pruebas realizadas al prototipo, y finalmente la sección 4 corresponde a las conclusiones respecto al proyecto y la bibliografía utilizada para el desarrollo del mismo.

## Marco teórico

Dentro del contexto de aplicaciones tecnológicas a las operaciones de emergencia, se pueden encontrar en la actualidad comercialmente Drones direccionados a la detección de objetivos en el área objeto de estudio, como el presentado en la Figura 1, el cual se direcciona a un entorno de apoyo operacional de búsqueda.

Figura 1  
Dron Mavic 2 Enterprise Dual



Nota. En esta se presenta el Dron Mavic 2 Enterprise Dual de la casa fabricante DJI, direccionado a la detección de objetivos y empleado por organismos de respuesta a emergencias.

Equipos o sistemas que logren entregar o proveer elementos para atención primaria en sitio de emergencia, no son empleados en la actualidad en el departamento, pero su desarrollo ya es comercial a costos elevados, como los equipos en desarrollo disponibles de la empresa española Aerocámaras, véase la Figura 2.

Figura 2  
AeroHyb Hexacopter



Nota. Dron polivalente del segmento para proveer atención directa en emergencias, desarrollado por la empresa Española Aerocámaras.

Dentro de las actividades inmersas en las operaciones de emergencias con drones se emplean de forma general los drones expuestos anteriormente y sumados a estos también se vincula una nueva generación de drones de grado industrial de la casa fabricante DJI, como lo es el Matrice 300 y sus posibilidades polivalentes de adopción de múltiples sensores RGB, térmicos entre otros, los cuales se integran de forma adecuada a una de las actividades operacionales en el entorno de la atención a emergencias.

A continuación, en la Tabla 1 se presenta un cuadro comparativo de las principales características aplicables y valoradas en escala de favorabilidad de Drones en función de la aplicabilidad a las operaciones de emergencia, utilizados a nivel global, vinculando también a este, el desarrollo del Dron Polivalente propuesto:

Tabla 1

Cuadro comparativo de las principales características aplicables y valoraciones en escala de favorabilidad de Drones en función de la aplicabilidad a las operaciones de emergencia, utilizados a nivel global, vinculando también a al desarrollo del Dron Polivalente propuesto en el artículo.

<b>Cuadro comparativo de características aplicables en los drones expuestos en función de las operaciones de emergencia</b>				
<b>Característica \ Dron</b>	Matrice 300 (DJI)	Mavic 2 Enterprise Dual (DJI)	AerHib (Aerocámaras)	Dron Polivalente (AA - JM)
Fuente de energía	Baterías LiPo	Baterías LiPo	Baterías Lipo / Gasolina	Baterías LiPo
Numero de motores	4	4	6	6
Autonomía real de vuelo con carga de pago estándar - (Minutos)	35	21	240	20
Protección IP 44	SI	NO	NO	SI
Redundancia ante fallo de motor	NO	NO	SI	SI
Precio promedio con cargas de pago estándar - (COP)	\$ 101.560.000,00	\$ 16.640.000,00	\$ 120.516.000,00	\$ 18.981.000,00
Diseño para cargas de pago adicionales	NO	NO	SI	SI
Peso máximo carga de pago - (Gramos)	1255	220	5000	1340
Polivalencia en cargas de pago - (Rango)	Baja	Ninguna	Alta	Media
Automatización en cargas de pago diferentes a cámaras - (Rango)	Baja	Ninguna	Alta	Alta

<b>Escala de valoración - Favorabilidad para la aplicación</b>
Alta
Media
Baja
Ninguna

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se van a definir las tecnologías y terminologías utilizadas dentro de este documento para que la comprensión de la información sea la esperada.

Esta sección del artículo se divide principalmente en 2 subsecciones, la que concierne a la tecnología Dron y a los conceptos de la gestión del riesgo.

## Tecnología Drone

### Dron

Un Dron es principalmente conocido como una aeronave no tripulada controlada a distancia la cual es utilizada para transportar una carga de pago que normalmente es un conjunto de sensores para la captura de datos. (Frazier y Singh, 2021)

Los Drones cuentan con distintas partes que los componen, pero las principales son:

### Sistema de propulsión

Usualmente consta de rotores y motores eléctricos, aunque también existen Drones que utilizan motores de combustión interna o turbinas, este sistema es el que se encarga de darle el movimiento a los Drones (Frazier y Singh, 2021).

### Fuente de energía

Usualmente son baterías eléctricas de polímeros de litio, para el caso de los Drones que usan motores de combustión se utilizan depósitos de combustible (Frazier y Singh, 2021).

### Controladora de vuelo

Es un circuito de complejidad variable que dispone de una serie de entradas y salidas, y de una serie de sensores incorporados que determinan en tiempo real la posición de la aeronave. El controlador se encarga de procesar tanto la información recibida por los sensores como los datos de dirección para enviar las órdenes adecuadas a los motores para el correcto vuelo (Addati y Pérez Lance, 2014).

### Chasis

Es la estructura interna de un vehículo que da soporte e integra el resto de componentes necesarios para el funcionamiento de la aeronave (Addati y Pérez Lance, 2014).

### Carga de pago

Generalmente es un sensor o conjunto de sensores como cámaras, radares, ultrasonidos, etc. Con los que se obtienen datos georreferenciados (Addati y Pérez Lance, 2014).

### Gestión del Riesgo

#### Desastre

Son definidos como una situación generada como el resultado de la manifestación de una amenaza natural o provocada por el hombre que afecta una vulnerabilidad de una población (Gómez Lopez, 2007).



## Vulnerabilidad

Es definida por (Martínez Davila, 2008) como la condición de un sujeto, zona o población de estar expuesto a resultar afectado por una amenaza inminente.

## Amenaza

Es la posibilidad de que un fenómeno ciertamente peligroso ya sea de origen natural o artificial genere efectos adversos a una persona o una población.

## Riesgo

Es el producto de la interacción entre amenazas y vulnerabilidades desarrollando esta cambios en el medio y en la población que en este se encuentre, generando pérdidas humanas y económicas (Martínez Davila, 2008).

El SCI se desarrolló desde 1970 luego de una serie de incendios forestales en áreas específicas de California, Estados Unidos. Las muertes, lesiones y afectaciones a los bienes presentes fueron de mayor magnitud. De acuerdo a estudios posteriores, los entes de investigación hallaron fallas en varios frentes operativos de atención, atribuibles a un manejo de respuesta inadecuado, más que falta o escasez de recursos. De lo anterior surge el Sistema de Comando de Incidentes, El cual constituye una herramienta de manejo estandarizada para abordar las demandas de situaciones de emergencia o no de emergencia, grandes o pequeñas y representa las “mejores prácticas” y se ha convertido en la norma para el manejo de emergencias en varios países alrededor del planeta (United States Agency international development).

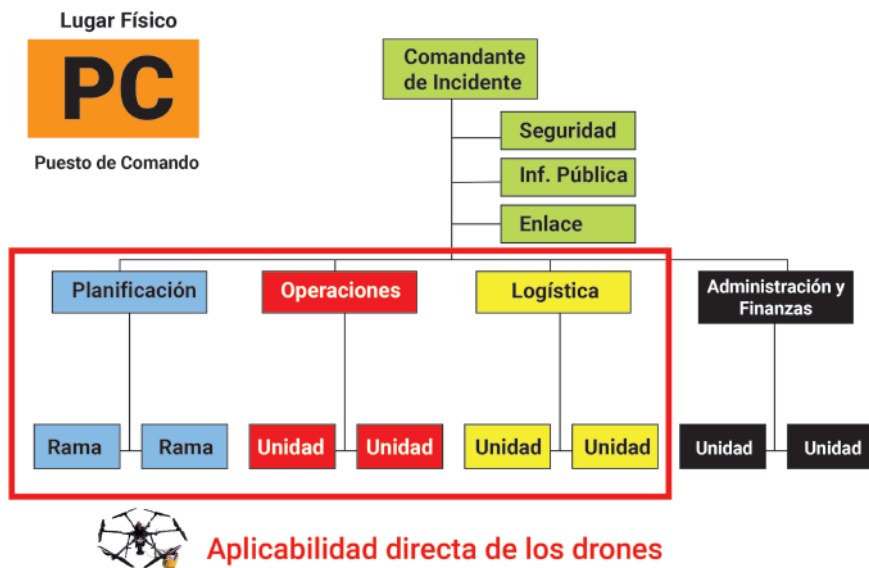
Para vincular de manera adecuada la Aplicación de Tecnologías Dron en el SCI se debe abordar este concepto desde el punto de vista del sistema de gestión, así como también desde su definición como enfoque operativo (United States Agency International Development, 2012).

El SCI desde el enfoque como sistema de gestión: Permite el manejo efectivo y eficiente de incidentes integrando una combinación de instalaciones, equipo, personal, procedimientos y comunicaciones que operan dentro de una estructura organizacional común, diseñada para habilitar el manejo efectivo y eficiente de los incidentes (United States Agency International Development, 2012). La tecnología Dron en este contexto, brinda información altamente relevante en cuanto a la situación inmediata presente, a partir de sensores específicos tales como cámaras de tipo RGB y

térmicas. El aporte de este tipo de Drones en este esquema ya es conocido y su eficacia comprobada. En la Figura 3 se presentan las ramas en las que se puede aplicar la tecnología de drones directamente como forma de apoyo.

Figura 3

Esquema desarrollado para el SCI y la aplicabilidad de drones (United States Agency international development).

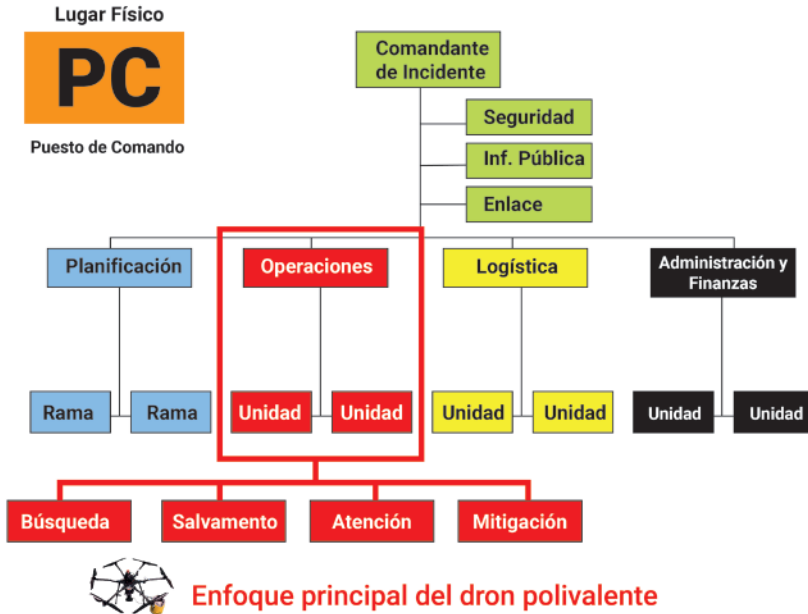


Fuente: elaboración propia.

El SCI desde el enfoque operativo: Es la combinación de instalaciones, equipamiento, personal, protocolos, procedimientos y comunicaciones, operando en una estructura organizacional común, con la responsabilidad de administrar los recursos asignados para lograr, efectivamente los objetivos pertinentes a un evento, incidente u operativo, el cual en la mayoría de los casos requiere de la presencia del personal directamente en el área impactada para cumplir determinadas acciones tendientes a búsqueda, salvamento, atención y/o mitigación. La aplicación de las tecnologías Dron direccionadas a diseños de Drones polivalentes, pueden participar de manera directa en estos cuatro aspectos mencionados, como se muestra a continuación en la Figura 4.

Figura 4

Esquema desarrollado para el SCI y el enfoque principal del dron polivalente desarrollado en este documento.



Fuente: United States Agency international development.

El SCI se caracteriza por ser un sistema flexible en su organización, por lo cual sirve para atender incidentes de cualquier envergadura y complejidad; y precisamente esa flexibilidad permite la integración de tecnologías Dron direccionada al cumplimiento de los dos enfoques tratados. Está estandarizado para permitir la incorporación rápida de personal y otros recursos, de diferentes instituciones y puntos geográficos, a una estructura de manejo común efectivo y eficiente (Palacio Vaca, Montoya, Chavarro, Puerto y Solano, 2009).

Aplicación de un Dron polivalente para atención a emergencias en el marco de búsqueda, salvamento, atención y mitigación.

Dado el desarrollo tecnológico continuo del sector Dron y sumado este a la experiencia en la aplicación de estas tecnologías, la creación de un Dron Polivalente para atención a emergencias enfocado a la búsqueda, salvamento, atención y mitigación se puede ajustar como herramienta

complementaria de alta relevancia en estos aspectos, pues se puede estructurar un diseño que permita el montaje y operación de diferentes cargas de pago que se ajustan a las cuatro aplicaciones mencionadas (Saldarriaga Barrientos, 2021):

## Búsqueda

Esta actividad es dividida en dos aspectos, el primero la búsqueda de puntos de interés, los cuales pueden ser variados dependiendo de la afectación presente, para este efecto se emplean sensores tipo cámaras RGB para efectuar levantamientos fotogramétricos a fin de obtener informaciones de fondo cuantitativo en cuanto a infraestructura espacial, y de fondo cualitativo en cuanto a valoración de la infraestructura de acuerdo a perfiles patológicos presentes (Ortega Cargenas, 2018). El segundo aspecto va enfocado a la búsqueda de seres vivos presentes en el área de impacto, los cuales pueden llegar a ser detectados por medio de la integración al Dron de sensores térmicos, un caso práctico se muestra en la Figura 5.

De otra parte, la integración de bocinas de perifoneo de alta potencia y luces de penetración, a Drones polivalentes, son esquemas que pueden actuar como faros audibles y visuales en determinadas áreas de búsqueda, guiando a víctimas y/o rescatistas según sea el caso.

## Figura 5

*Operación de búsqueda real en área impactada SAR Chile 2019*



Fuente: elaboración propia.

## Salvamento

Esta actividad puede verse apoyada de forma directa por un Dron polivalente que pueda efectuar la liberación de artefactos o dispositivos que apoyen el esquema de salvamento de seres vivos. Como ejemplos podemos mencionar la entrega de cuerdas y esquemas de escalada para el auto aseguramiento de víctimas (ver Figura 6). De otra parte, también se puede efectuar la entrega de dispositivos de flotación en aguas abiertas, como embalses, lagunas y otros cuerpos de agua, presentes en el departamento del Valle del Cauca. En la imagen de la parte inferior se puede observar una operación de salvamento entregando un flotador que cumple la función en este caso de auto rescate de primer nivel.

Figura 6

*Drones para salvamento*



Nota. Operación de apoyo a salvamento real en aguas abiertas Corea del Sur.

## Atención

Dadas las diferentes casuísticas en los esquemas de atención en sitio (Palacio Vaca, Montoya, Chavarro, Puerto, y Solano, 2009), se establece la entrega de elementos para atención médica, como botiquines básicos, botiquines de segundos auxilios, equipos de sutura e inmovilización, equipos de apoyo a la respiración, equipos de reanimación, drogas específicas como sueros antiofídicos, coagulantes para heridas abiertas. De otra parte y vinculado al esquema de atención es el establecimiento de comunicaciones entre la operación y la o las posibles víctimas, precisamente para guiar el proceso de uso de los elementos de atención médica, si no se tiene la capacidad de su empleo en forma de auto atención. Estos equipos de comunicación, también pueden ser empleados para trazar estrategias de rescate entre el cuerpo operativo del SCI y las víctimas (United States Agency international development).

La entrega oportuna de elementos para la atención de primeros auxilios se puede efectuar a través de cargas de pago que pueden ser liberadas directamente en el área de ubicación de víctimas. Así también la entrega de equipos de radio comunicación se puede realizar mediante dispositivos de liberación específicos para su entrega segura y oportuna (Ver Figura 7).

### Figura 7

*Drones para la vida – Dron con dispositivo de entrega de elementos de primeros auxilios*



Fuente: Documental NBC 2019.



## Mitigación

Dentro de algunas emergencias emanadas por incendios de tipo forestal, se aplican técnicas de mitigación y control específicas a estos; una de estas es la prevención del avance del mismo y por medio de generación de incendios controlados en áreas de potencial avance (Bonilla, 2001). La implementación de dispositivos de liberación controlada de generadores puntuales de fuego en Drones polivalentes es una solución viable que incrementa el asertividad en el plan de mitigación, al eliminar insumos para el fuego en avance, incrementa la agilidad de ejecución y la reducción de exposición de personal operativo en la zona de afectación. En las labores operativas de mitigación por medio de Drones, estos reciben un plan de vuelo previamente analizado de acuerdo al análisis de avance de este, en donde se le indica al sistema de forma georreferenciada, en que áreas específicas debe efectuar la descarga de los generadores puntuales de fuego, garantizando así la correcta implantación del plan de prevención y/o mitigación de avance (Ver Figura 8).

### Figura 8

*Muestra de Dron diseñado para generar ignición controlada de ruta por la empresa estadounidense Drone Amplified*



Fuente: [droneamplified.com](http://droneamplified.com)

## Marco legal

La actuación directa de tecnología en la atención y respuesta a emergencias es un espacio en desarrollo viable a ser implementado de acuerdo a la Ley Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (Ministerio del Interior República de Colombia, 2012), puede lograr aumentar de forma positiva los indicadores de gestión en este campo. La actual regulación aérea colombiana, vincula la operación Dron dentro de su reglamentación, brindando un aparte específico de formalización, con enfoque a la utilización de este tipo de tecnología para los cuerpos de atención de desastres y prevención del riesgo en el RAC 91 (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2020), incluso estandariza este para direccionarlo a la implementación de las reglas generales de vuelo y operación expresado en el RAC 4 (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019), lo anterior gracias a la interacción de las normas aeronáuticas. En la Figura 9 se muestra un esquema de interacción de las normas aeronáuticas en Colombia.

Figura 9

Diagrama esquemático de la interacción de las normas aeronáuticas en Colombia



Fuente: elaboración propia.



## Metodología

Una vez identificada la problemática se procedió a revisar la bibliografía disponible de distintas bases de datos que permitiera tomar las decisiones correctas en cuanto a las capacidades y especificaciones necesarias para el diseño del dron polivalente para su aplicación en la gestión del riesgo. De esta revisión se obtuvieron características principales como los pesos de las cargas de pago, principalmente cámaras y elementos de atención como botiquines de primeros auxilios, respiradores, etc.

Además teniendo en cuenta las precarias condiciones que pueden implicar las situaciones de riesgo se optó por incluir redundancias en el diseño que permitan solventar una situación de falla en las labores.

Posteriormente se realizó la búsqueda y comparación de precios de los distintos elementos del diseño en diferentes tiendas virtuales para mantener un presupuesto ajustado a la condición de bajo costo que haga viable su aplicación en los cuerpos de atención colombianos.

Desde el enfoque operativo, vinculando la combinación de instalaciones, equipamiento, personal, protocolos, procedimientos y comunicaciones, operando en una estructura organizacional común, con la responsabilidad de administrar los recursos asignados para lograr, efectivamente los objetivos pertinentes a un evento, incidente u operativo, el cual en la mayoría de los casos requiere de la presencia del personal directamente en el área impactada para cumplir determinadas acciones tendientes a búsqueda, salvamento, atención y/o mitigación. Se vincula el desarrollo metodológico de la “Aplicación de un Dron polivalente para atención a emergencias en el marco de búsqueda, salvamento, atención y mitigación”.

## Solución propuesta

Funcionalmente se ha evidenciado que el desarrollo de un Dron polivalente es el adecuado para vincular las actividades operativas de, búsqueda, salvamento, atención y mitigación; Por lo anterior y debido a la naturaleza de estas actividades descritas en el marco teórico, se posee soporte suficiente para elegir una plataforma base del tipo Hexacóptero (Shahrulnizam Idy y Mastura Mohd Saleh, 2021). La política de elección de elementos y materiales para su integración tiene como

base, el aprovechamiento de la amplia oferta existente en el mercado, de componentes ya diseñados y comprobados en operación, a lo anterior se le adiciona una controladora de vuelo de arquitectura abierta, lo que redunda en la amplia documentación para su desarrollo y el bajo coste que va ligado al objetivo del diseño.

## Componentes del diseño

A continuación, se presenta un listado con detalles técnicos generales, peso neto estimado en gramos de los componentes a integrar dentro del diseño seleccionado, también se estiman los pesos totales para el Dron en vacío y con su peso total al vuelo (MTOW). En la Tabla 2 se relacionan los componentes constitutivos del prototipo Dron hexacóptero polivalente de acuerdo a lo descrito previamente.

Tabla 2

*Descripción de elementos constitutivos para el prototipo Dron hexacóptero propuesto*

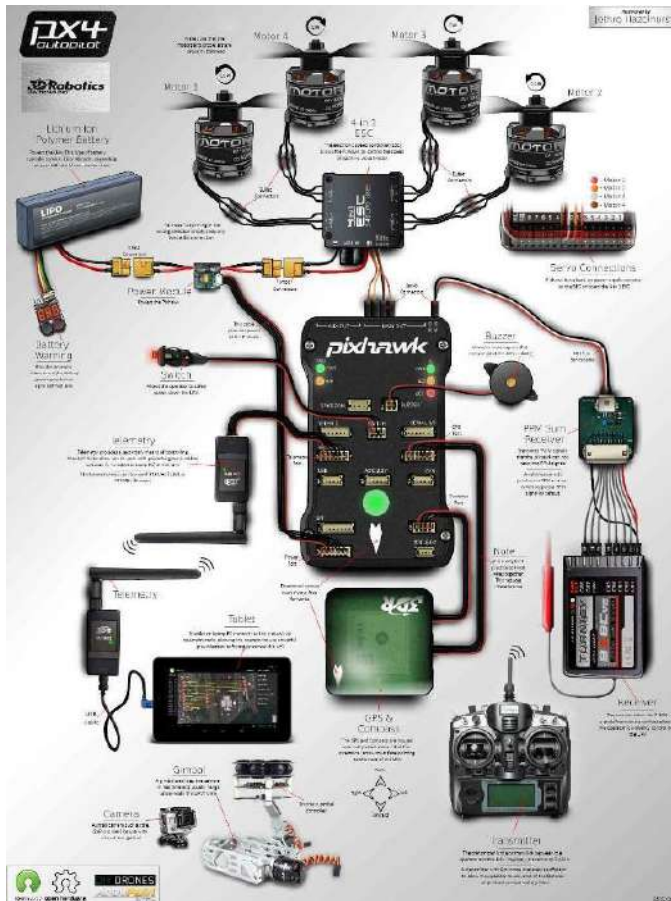
Artículo	Detalle	Peso (Gramos)
Chasis o frame	Tarot 680Pro Hexacopter Carbon Fiber Canopy CF Rods, CF plates	695,1
Hélices	DJI Matrice 600 Hexacopter 2170R Folding Propeller	190,8
Motores	Tarot-RC 4114 320KV Multi-Rotor	409,2
Variadores	XRotor Pro 2x40amp 3D ESC - HW 30902003	306
Controladora	CUAV Pixhawk 2.4.6	73,7
GPS	Neo8M	52
Sensores ext	Px4 opt- Sonar	37,6
RX TX mando	Dragon Link V3 Bt	51,6
Sistema FPV	AKK 2 W+ccd2.8+Pagoda	71,4
BEC DC DC	BEC DC DC	34,2
Electrónica a bordo	Sistemas de filtrado y auxiliares	36,2
Herrajes y soportes	Sujeciones en nylon	45,2
<b>UAS en vacío</b>		<b>2003</b>
<b>Carga paga</b>	Polivalencia en cargas max	<b>400</b>
<b>UAS+ CP</b>	UAS con carga paga	<b>2403</b>
<b>Baterías</b>	Batería Lipo Pack 12000 mAh 22.2 V 25 C 6S	<b>1482</b>
<b>MTOW</b>		<b>3885</b>

Fuente: elaboración propia.

Vinculación de componentes al diseño

De acuerdo a los anteriores componentes expuestos en la Tabla 2, se presenta en el siguiente diagrama, el esquema de componentes vinculados ya en función operacional donde la plataforma de arquitectura abierta basada en Arduino (Estarlich Pau, 2013), que para este caso se desarrolla en el entorno Ardupilot (Ramos Gálvez, 2017; Baidya et al., 2018), es la controladora de vuelo Pixhawk V 2.4.6, en la Figura 10, se presentan los componentes para implementar el Dron.

Figura 10  
Diagrama de componente hexacóptero polivalente – PX4 Ardupilot

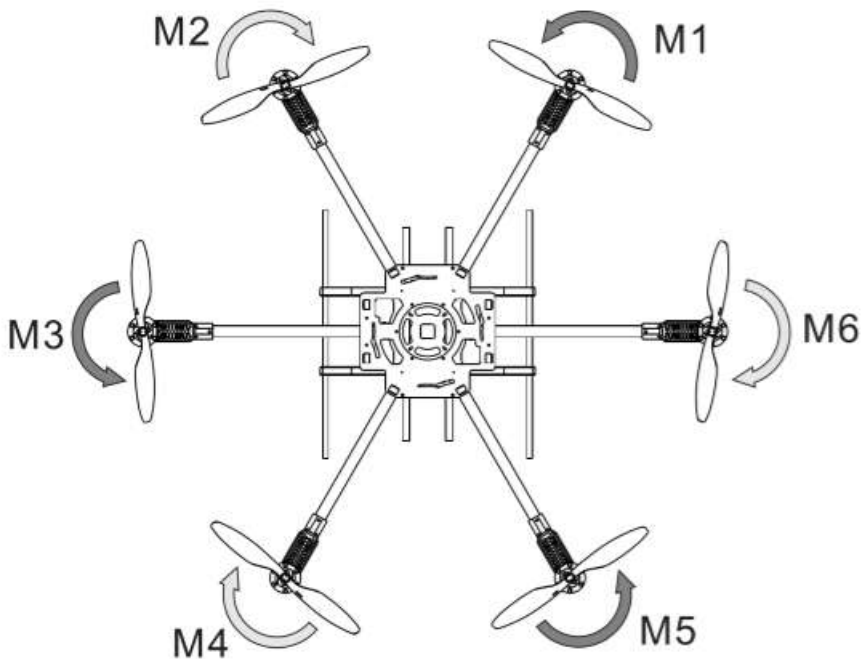


Fuente: Ardupilot.org

Debido a los 3 pares de motores de los que dispone, el Dron destaca por su potencia si se eligen de forma balanceada y adecuada y más al ser propuesto para operación en entornos de emergencia, donde puede encontrarse en complejos y exigentes escenarios de vuelo. De otra parte, se posee redundancia de motorización lo cual garantiza un factor de seguridad adicional a la hora de la ejecución de la operación, como se puede ver en el siguiente diagrama funcional de motorización, se puede observar la dinámica de dirección de rotación de conjuntos motores dentro de los cuales los brazos opuestos a su vez poseen rotaciones opuestas, la Figura 11 muestra la representación funcional de un Drone hexacóptero.

Figura 11

Representa el diagrama funcional de motorización de Ardupilot.org para Hexacóptero de disposición X



Fuente: ardupilot.org

## Cálculos y simulaciones del diseño

Previo a la integración del Dron polivalente, se generan los cálculos referidos a los componentes comercialmente disponibles y su respectiva simulación de resultados, los cuales son contrastados ya con los resultados arrojados por la telemetría en el desarrollo de operaciones reales; para lo anterior se integra a este desarrollo la plataforma ecalc.ch (Shahrulnizam Idy y Mastura Mohd Saleh, 2021; Yadav, Sharma, y Borad, 2017), la cual proporciona bases simuladas, las cuales se tienen en cuenta para el desarrollo en vivo del Dron. De otra parte, la vinculación de esta plataforma de calculo al proyecto tiene como fin paralelo, el cumplimiento del objetivo de ser económicamente viable, al obviar servicios adicionales de profesionales adjuntos al mismo. Lo anterior se argumenta gracias a las referencias de diseñadores y fabricantes de talla mundial que emplean la plataforma para sus simulaciones, tal como se presenta en la Figura 12.

Figura 12

En esta se observan algunos diseñadores y fabricantes que emplean la plataforma ecalc.ch



Fuente: eCalc.ch

Con los datos presentados en la Tabla 1 correspondiente al listado de elementos constitutivos para el Dron, se integran los mismos a la plataforma ecalc.ch tal como se pueden observar en la Figura 13.

Figura 13  
Proyecto Hexacóptero polivalente

## Proyecto Hexacóptero polivalente – Cálculos generales

<b>General</b>	Peso del modelo: 2403 g <input type="text"/> <input type="text" value="sin batería"/> <input type="text" value="g"/> 84.8 oz	Nº de rotores: 6 <input type="text"/> simple <input type="text"/>	Tamaño del armazon: 800 mm <input type="text"/> 31.5 inch <input type="text"/>
<b>Celdas batería</b>	Tipo (Cont. / max. C) - nivel de carga: LiPo 10000mAh - 25/35C <input type="text"/> - llena <input type="text"/>	Configuración: 6 S 1 P <input type="text"/>	Capacidad por celda: 10000 mAh <input type="text"/> 10000 mAh total <input type="text"/>
<b>Variador</b>	Tipo: Hobbywing Platinum 40A LV <input type="text"/>	Corriente: 40 A cont. <input type="text"/> 60 A max. <input type="text"/>	Resistencia: 0.015 Ohm <input type="text"/>
<b>Motor</b>	Fabricante - Tipo (Kv) - refrigeración: Tarot <input type="text"/> - 4114/320KV (320) <input type="text"/> excelente <input type="text"/> buscando...	KV (w/o torque): 320 rpm/V <input type="text"/> Asistente KV hélice <input type="text"/>	Corriente sin hélice: 0.5 A @ 22.2 V <input type="text"/>
<b>Hélice</b>	Tipo de hélice: Carbon-Fold-Prop <input type="text"/> - 0° <input type="text"/>	Diámetro: 15 inch <input type="text"/> 381 mm <input type="text"/>	Paso: 5.5 inch <input type="text"/> 139.7 mm <input type="text"/>
Limites de inclinación de la FCU: 45° <input type="text"/>	Altura del campo 970 m ASL <input type="text"/> 3182 ft ASL <input type="text"/>	Temp. aire 30 °C <input type="text"/> 86 °F <input type="text"/>	Presion (QNH): 1013 hPa <input type="text"/> 29.91 inHg <input type="text"/>
descarga max. 80% <input type="text"/>	Resistencia: 0.0021 Ohm <input type="text"/>	Voltaje: 3.7 V <input type="text"/>	capacidad C de descarga: 25 C continua <input type="text"/> 35 C de pico <input type="text"/>
Peso: 48 g <input type="text"/> 1.7 oz <input type="text"/>	<b>Accesorios</b>	Consumo de corriente: 3 A <input type="text"/>	Peso: 0 g <input type="text"/> 0 oz <input type="text"/>
Límite (hasta 15s): 500 W <input type="text"/>	Resistencia: 0.126 Ohm <input type="text"/>	Longitud caja: 32 mm <input type="text"/> 1.26 inch <input type="text"/>	nº Polos mag.: 22 <input type="text"/>
Peso: 148 g <input type="text"/> 5.2 oz <input type="text"/>	número de palas: 2 <input type="text"/>	Const.de Potencia/Empuje: 1.18 / 1.0 <input type="text"/>	Gear Ratio: 1 : 1 <input type="text"/>
			Calcular <input type="button"/>

Nota. En esta se observa la vinculación de las especificaciones de los elementos constitutivos del Dron, a la plataforma ecalc.ch .


Fuente: eCalc.ch



Vinculados los datos a la plataforma ecalc.ch, y corrida la ejecución de entorno de simulación, se obtienen los resultados que se relacionan en la Figura 14.

Figura 14

Resultados de la simulación en la plataforma ecalc.ch

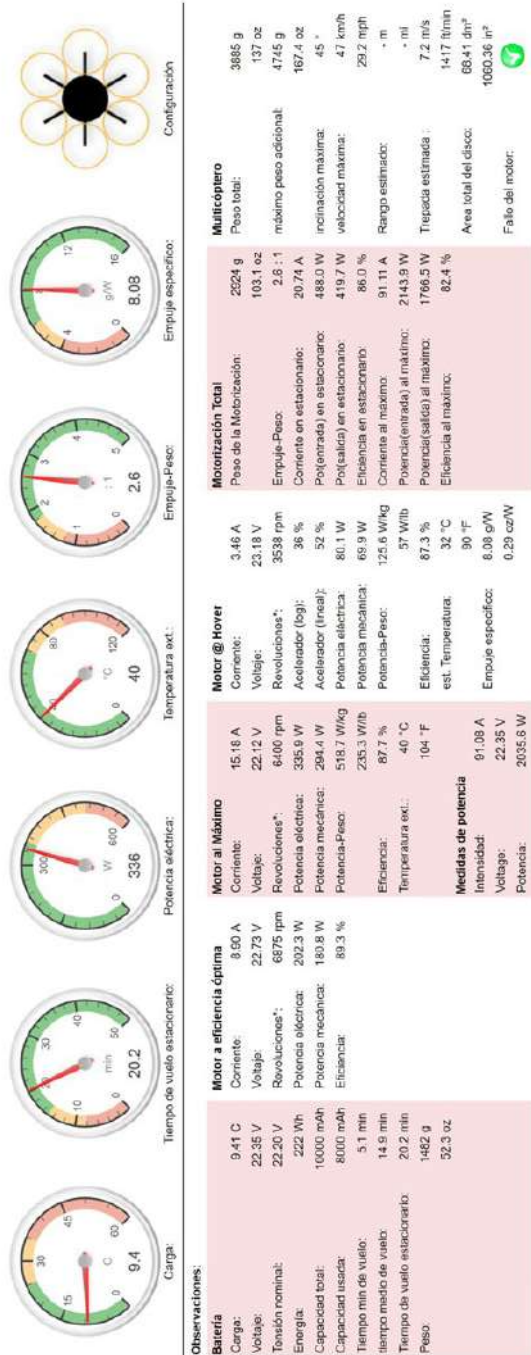
<b>Batería</b>		<b>Motor a eficiencia óptima</b>		<b>Motor al Máximo</b>	
Carga:	9.41 C	Corriente:	8.90 A	Corriente:	15.18 A
Voltaje:	22.35 V	Voltaje:	22.73 V	Voltaje:	22.12 V
Tensión nominal:	22.20 V	Revoluciones*:	6875 rpm	Revoluciones*:	6400 rpm
Energía:	222 Wh	Potencia eléctrica:	202.3 W	Potencia eléctrica:	335.9 W
Capacidad total:	10000 mAh	Potencia mecánica:	180.8 W	Potencia mecánica:	294.4 W
Capacidad usada:	8000 mAh	Eficiencia:	89.3 %	Potencia-Peso:	518.7 W/kg
Tiempo min de vuelo:	5.1 min				235.3 W/lb
tiempo medio de vuelo:	14.9 min			Eficiencia:	87.7 %
Tiempo de vuelo estacionario:	20.2 min			Temperatura ext.:	40 °C
Peso:	1482 g				104 °F
	52.3 oz				
				<b>Medidas de potencia</b>	
				Intensidad:	91.08 A
				Voltage:	22.35 V
				Potencia:	2035.6 W
<b>Motor @ Hover</b>		<b>Motorización Total</b>		<b>Multicóptero</b>	
Corriente:	3.46 A	Peso de la Motorización:	2924 g	Peso total:	3885 g
Voltaje:	23.18 V		103.1 oz		137 oz
Revoluciones*:	3538 rpm	Empuje-Peso:	2.6 : 1	máximo peso adicional:	4745 g
Acelerador (log):	36 %	Corriente en estacionario:	20.74 A		167.4 oz
Acelerador (lineal):	52 %	Pot(entrada) en estacionario:	488.0 W	inclinación máxima:	45 °
Potencia eléctrica:	80.1 W	Pot(salida) en estacionario:	419.7 W	velocidad máxima:	47 km/h
Potencia mecánica:	69.9 W	Eficiencia en estacionario:	86.0 %		29.2 mph
Potencia-Peso:	125.6 W/kg	Corriente al máximo:	91.11 A	Rango estimado:	- m
	57 W/lb	Potencia(entrada) al máximo:	2143.9 W		- mi
Eficiencia:	87.3 %	Potencia(salida) al máximo:	1766.5 W	Trepada estimada :	7.2 m/s
est. Temperatura:	32 °C	Eficiencia al máximo:	82.4 %		1417 ft/min
	90 °F			Area total del disco:	68.41 dm <sup>2</sup>
Empuje específico:	8.08 g/W				1060.36 in <sup>2</sup>
	0.29 oz/W			Fallo del motor:	

Fuente: eCalc.ch

Los anteriores resultados de la simulación se pueden observar también en la Figura 15 que corresponde al resumen de rangos de instrumentos.

Figura 15  
Rangos de instrumentos representando la simulación efectuada en la plataforma eCalc.ch

## Proyecto Hexacóptero polivalente – Cálculos generales



Fuente: eCalc.ch



## Características técnicas y operacionales de acuerdo a lo proyectado para atención de emergencias

Con los resultados de la simulación anteriormente expuesta y sumado a las especificaciones técnicas de los fabricantes de los componentes de radio control y telemetría, se valida el planteamiento de las características técnicas y operacionales referidas a continuación:

- Montantes intercambiables para sensores RGB, Multiespectral y Térmicos.
- Capacidad de operar con dos sensores al mismo tiempo.
- Capacidad técnica para instalación de dispositivos de carga para el despliegue de sus capacidades operativas en los ámbitos de Atención y salvamento ya mencionadas en el marco teórico de este artículo.
- Capacidad técnica y operativa para instalación de dispositivos de liberación de generadores puntuales de fuego en el ámbito de la mitigación de incendios forestales.
- Capacidad de vuelo totalmente autónomo.
- Capacidad de vuelo automático.
- Capacidad de vuelo asistido o semi automático.
- Capacidad de vuelo manual.
- Mando a distancia por telemetría y/o Radio control.
- Rango de operación monitoreado de 10 kilómetros en radio.
- Autonomía de 17 minutos con dispositivo estándar vinculado.
- Máxima velocidad de desplazamiento en horizontal 47 km/h con viento en calma.
- Máxima velocidad de ascenso 20 km/h con viento en calma.

## Resultados

Ya con los parámetros de diseño simulados y los resultados dentro de los rangos aceptables se procede al proceso de materialización, y configuración del prototipo del Dron polivalente que se presenta en la Figura 16.

### Figura 16

*Prototipo de Hexacóptero Polivalente implementado*



Fuente: elaboración propia

Concluida de forma satisfactoria la etapa anteriormente descrita se efectúan las pruebas de operación en campo y se desarrolla el plan de vuelo, obteniendo los resultados que se presentan a continuación:

Para el desarrollo de este aspecto se emplea en diseño y operación el programa Mission Planner (Gandor, Rehak y Skaloud, 2015), el cual proporciona el entorno para la materialización del objetivo de la misión de vuelo, la carga de la misma al Dron polivalente, la ejecución de la misión y su respectivo monitoreo a través de la telemetría vía protocolo MavLink (Koubáa et al., 2019).

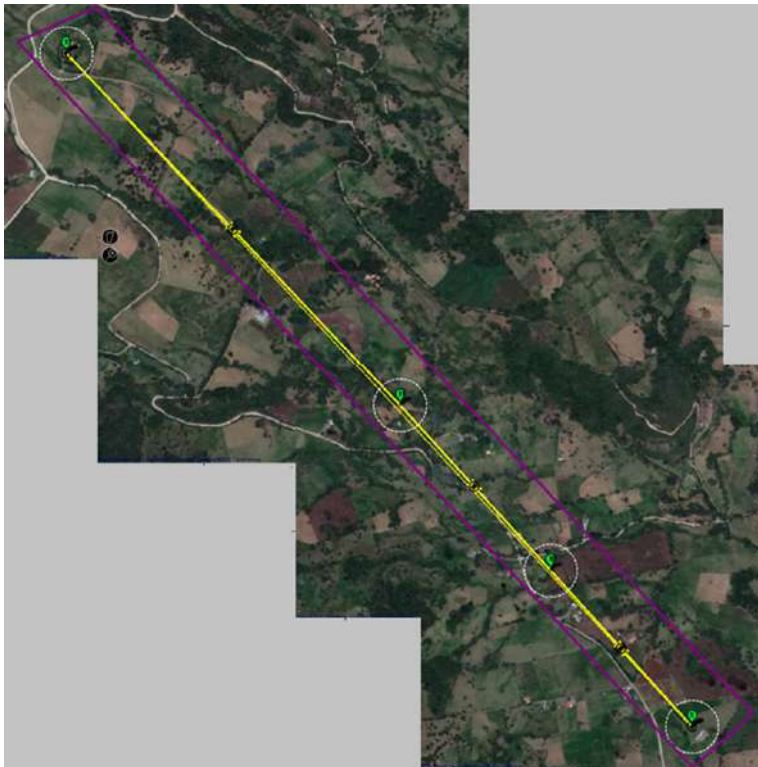
### Plan de vuelo

**Objetivo:** Entrega de elementos para atención de primeros auxilios en ubicación determinada, a partir de la creación y carga y ejecución de una misión automática.

**Descripción de la operación:** El Dron polivalente dotado de un sistema automático de entrega cargado con equipo de primeros auxilios (Marín Meza, 2021), es programado para despegar del Punto A ubicado en las coordenadas, 4,6771735 -73,9306849, que inicie su curso hacia el Punto B: 4,6635652 -73,918048, a una distancia de 2,13 kilómetros, donde aterriza, entrega de forma automática la carga de pago que lleva consigo, despega y retorna de nuevo al Punto A, donde aterriza y concluye misión. La anterior descriptiva se evidencia en las Figuras 17, 18 y 19.

Figura 17

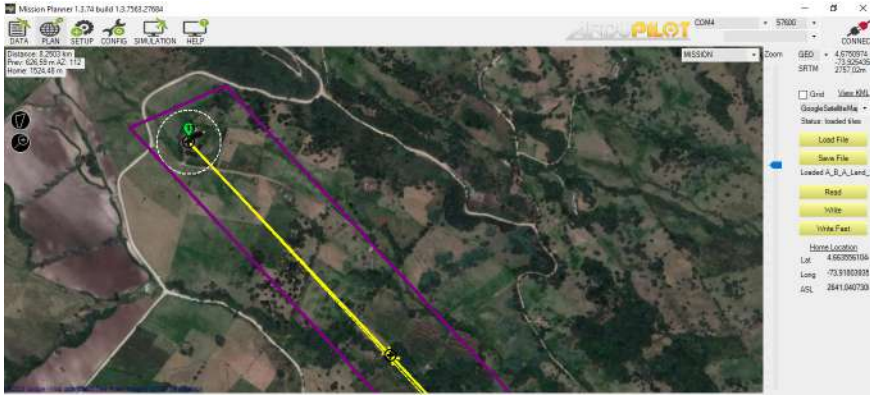
Perfil superior de la misión Punto A – Punto B la cual cubre una distancia de 2.13 KM en el programa Mission Planner



Fuente: elaboración propia.

Figura 18

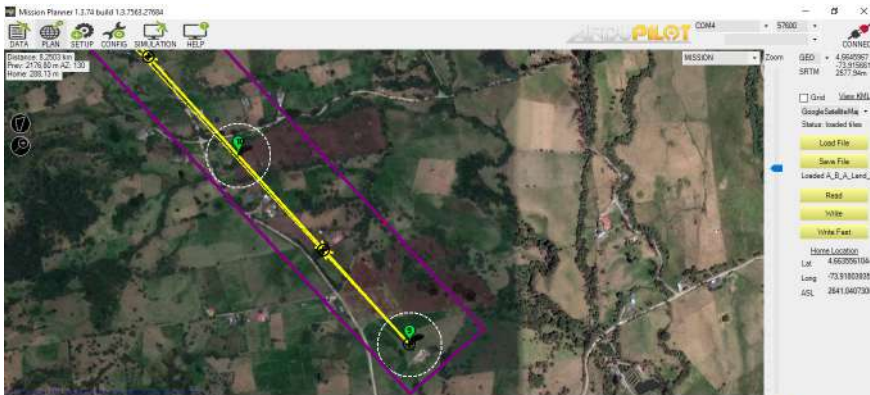
Detalle de la misión desde punto A, en el programa Mission Planner



Fuente: elaboración propia.

Figura 19

Detalle del Punto B dentro de la misión, en el programa Mission Planner



Fuente: elaboración propia.

## Programación de la misión para la ejecución de la operación

Proyectada la operación, y programada la misión en el Dron Polivalente, se da la etapa de ejecución de esta, obteniendo un resultado positivo y sin novedades, accidentes o incidentes de acuerdo a lo programado. En la Figura 20 se presentan apartes de la secuencia de los detalles de la misión ejecutada.

## Figura 20

Detalles de la programación de la misión ejecutada, en el programa Mission Planner

WP	Radius	Loiter Radius	Default Alt	Relative	Verify Height	Add Below	Alt Warn	Spline	Command	Delay				Lat	Long	Alt	Frame	Delete			Grad %	Angle	Dist	AZ
1	60	45	100	Relative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	TAKEOFF	0	0	0	0	0	0	60	Relative	X			0	0	0	0
2									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6771735	-73,9306849	60	Relative	X			2,9	1,7	2064,1	317
3									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6700182	-73,923912	60	Relative	X			0,0	0,0	1093,8	137
4									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6667247	-73,920908	-62	Relative	X			-24,7	-13,8	509,7	138
5									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6635652	-73,918048	-62	Relative	X			0,0	0,0	473,2	138
6									LAND	0	0	0	0	4,6635652	-73,918048	0	Terrain	X			=	90,0	62,1	180
7									DO_SET_SERVO	10	1900	0	0	0	0	0	Relative	X			0	0	0	0
8									TAKEOFF	0	0	0	0	0	0	-80	Relative	X			0	0	0	0
9									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6635652	-73,918048	-62	Relative	X			=	-90,0	62,1	180
10									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6667273	-73,9209107	-62	Relative	X			0,0	0,0	473,6	318
11									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6700209	-73,923912	60	Relative	X			24,7	13,9	509,6	318
12									WAYPOINT	0	0	0	0	4,6771735	-73,9306849	60	Relative	X			0,0	0,0	1093,6	317

Fuente: elaboración propia.

## Declaración técnica del Dron de acuerdo a resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos, se genera la declaración técnica del Dron polivalente prototipo para aplicaciones de operaciones de emergencia especificando las siguientes características:

- Estado (país) de fabricación: Colombia.
- Ensamblador y modelo: Ing. Juan Chaves - UAS de la clase: Multirroto - Tipo: Hexacóptero Polivalente.
- Número de motores: 6.
- Voltaje de alimentación: 22,2 VDC.
- Envergadura: 800 mm entre ejes de motores – 1119 mm al despliegue de hélices.
- Caracterización de la aeronave: Multirroto.
- MTOW: 3885 g.
- Carga paga: 400 g.

## Descripción de los sistemas de recuperación de emergencia

- **Sistema RTH:** La función del sistema de retorno a casa (RTH) hace que el UAS vuelva al último punto de origen registrado, esta función es opcional.
- **RTH inteligente:** En cualquier momento, presionando el botón del control, el UAS regresará al último punto de origen registrado.
- **RTH batería baja:** Cuando la batería del UAS se encuentra por debajo del porcentaje establecido, regresará automáticamente al último punto de origen registrado.
- **RTH seguridad:** Si se pierde la señal entre el control y el UAS o la telemetría y el UAS, este regresará al último punto de origen registrado.

## Detalle tecnológico funcional de sistemas de a bordo

De acuerdo a la materialización del Dron se genera una división específica de sistemas por módulos intercambiables y aislados de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Alimentación principal.
- Alimentación Secundaria.
- Regulación de tensión.
- Filtrado de tensión.
- Sistema redundante de alimentación a sistemas básicos de navegación.
- Sistemas Básicos de Navegación GPS y brújula independientes.
- Sistemas redundantes de navegación GNSS.
- Alimentación a sensores entregada por módulos independientes, cada uno de ellos regulados.
- Chasis plegable y hélices desmontables.
- Protección IP45.



A continuación, se presenta la Figura 21 donde se muestra el Dron polivalente prototipo para aplicaciones de operaciones de emergencia, en campo de pruebas:

Figura 21

*Dron dispuesto para operación en campo*



Fuente: elaboración propia.

**Detalle comparativo del Dron Polivalente propuesto versus los Drones aplicables existentes en el marco de las actividades de operaciones de emergencia:**

Ya con la consolidación de resultados del Dron polivalente propuesto, se vincula el mismo a un cuadro de impacto.

Comparativo de favorabilidad versus los drones expuestos, para la aplicación en actividades de operaciones de emergencia:

Tabla 3

Cuadro de impacto comparativo de los drones expuestos, en las actividades de operaciones de Emergencia

<b>Impacto de los drones expuestos, en las actividades de operaciones de emergencia</b>				
<b>Dron \ Actividad</b>	Búsqueda	Salvamento	Atención	Mitigación
Matrice 300 (DJI)	Alto	Bajo	Ninguno	Ninguno
Mavic 2 Enterprise Dual (DJI)	Alto	Ninguno	Ninguno	Ninguno
AerHib (Aerocámaras)	Alto	Alto	Alto	Alto
Dron Polivalente (AA - JM)	Alto	Medio	Medio	Medio

<b>Escala de valoración - Favorabilidad para la aplicación</b>
Alta
Media
Baja
Ninguna

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Dado el desarrollo tecnológico continuo del sector Dron y sumado este a la experiencia en la aplicación de estas tecnologías, la creación de un Dron Polivalente para atención a emergencias enfocado a la búsqueda, salvamento, atención y mitigación se puede ajustar como herramienta complementaria de alta relevancia en estos aspectos, pues se puede estructurar un diseño que permita el montaje y operación de diferentes cargas de pago que se ajustan a las cuatro aplicaciones operativas base de Búsqueda, salvamento, atención y mitigación, tal como se pudo evidenciar en los resultados obtenidos, dejando en evidencia la ventaja estratégica en este tipo de operaciones.

De acuerdo a lo referenciado en el entorno de levantamiento de datos cada pieza de información disponible puede significar la diferencia entre la vida y la muerte. Esta es la razón por la que muchos departamentos de bomberos y otros cuerpos para atención de emergencias alrededor del mundo han comenzado a utilizar Drones como herramienta de apoyo, y también se ha integrado la tecnología avanzada y los datos que proporcionan para la toma de decisiones a la hora del montaje de la estructura del SCI (Palacio Vaca, Montoya, Chavarro, Puerto, y Solano, 2009). De otra parte, como lo observamos en los cuatro aspectos tratados, es viable la vinculación de la tecnología Dron no solo en el levantamiento de datos, sino también en la actuación directa por medio



de otros dispositivos que se puedan integrar al Dron para convertirlo en una herramienta de acción directa dentro de la zona o individuos con afectación. Lo anterior ha generado la implementación de programas de uso de tecnología Dron en organismos de atención y prevención de emergencias; y si estos logran tener acceso a un Dron económicamente asequible, que pueda integrar las funciones de levantamiento de datos y actuación directa, estos podrán mejorar sus indicadores de éxito en las operaciones que intervengan. De otra parte, evidenciando la integración positiva de la tecnología en el ámbito de las operaciones de emergencia, los entes gubernamentales son motivados a generar aumentos en las aprobaciones presupuestarias para programas Dron en la medida que el acceso a tecnologías de Drones polivalentes se encuentre racionalmente ofertadas.

## Referencias

- Addati, G. A., y Pérez Lance, G. (2014). *Introducción a los UAV's, Drones o VANTs de uso civil*. Buenos Aires: Universidad de CEMA.
- Alburez Mendieta, L. G., Arriola lemus, E. A., Trujillo, H. L., Vasquez Pérez, Z. A., Vaides Arrué, C. A., García Godinez, E. O.,... Herrera Ordoñez, A. (2004). *Guia didactica del curso basico "sistema comando de incidentes"*. Secretaría ejecutiva de la coordinadoranacional para la reduccion de desastres-CONRED.
- Baidya, S., Shaikh, Z., y Levorato, M. (2018). *FlyNetSim: An Open Source Synchronized UAV Network simulator based on ns-3 and Ardupilot*. Montreal: Donald Bren School of Information and Computer Sciences.
- Bonilla, R. (2001). *Guia tecnica en prevencion y control de incendios forestales*. Ciudad Flores: Propeten.
- Estarlich Pau, J. (2013). *Ardupilot: piloto automatico para aeromodelo con arduino*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Frazier, A. E., y Singh, K. K. (2021). *Fundamentals of capturing and processing Drone imagery and data*. CRC Press.
- Gandor, F., Rehak, M., y Skaloud, J. (2015). *Fotogrammetric mission planner for RPAS*. Switzerland: École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

- Gómez Lopez, D. (2007). *Alternativas para la medición de impactos de los desastres naturales*. Bogota: Universidad Del Rosario.
- Hall, R. (s.f.). *Implementing a UAV unit for your fire department*. DARTDRONES.
- Hirata Polanco, H., y Huelsz Moy, E. (2020). *Dron de asistencia en búsqueda y rescate por medio de un sistema de vision termica artificial*. Ciudad de Mexico: Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas - IPN.
- Koubáa, A., Allouch, A., Alajlan, M., Javed, Y., Belghith, A., y Khalgui, M. (2019). *Micro air vehicle link(Mavlink) in a nutshell: a survey*. IEEE.
- Marín Meza, A. (2021). *Desarrollo de un servicio logístico de entrega de medicamentos urgentes de peso liviano con Drones en la ciudad de Barranquilla*. Barranquilla: Universidad de la costa - CUC.
- Martínez Davila, J. D. (2008). *Desarrollo de la gestión del riesgo por fenómenos de origen natural y antropico en el municipio de medellin durante el periodo 1987-2007*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Matamoros Ruiz, G. (2018). *El uso de las tecnologías de aeronaves no tripuladas en la prevencion de desastres*. San José: Revista en torno a la prevencion.
- Ministerio del Interior República de Colombia. (2012). *Ley Sistema Nacional de gestion del riesgo*. Bogotá: Ministerio del Interior República de Colombia.
- Ortega Cargenas, V. E. (2018). *Procedimiento para la captura de datos fotogramétricos con la ayuda de aparatos controlados remotamente, como herramienta para la evaluacion en estabilidad de taludes y difusion con realidad aumentada*. Medellín: Universidad Nacional De Colomiba.
- Palacio Vaca, J. J., Montoya, J., Chavarro, V., Puerto, G., y Solano, F. (2009). *Guia para elaborar planes de emergencia y contingencias*. Bogotá: Direccion de prevencion y atencion de emergencias.
- Pardo Ríos, M., Pérez Alonso, N., Lasheras Velasco, J., Juguera Rodríguez, L., López Ayuso, B., Muñoz Solera, R.,... Nieto Fernández-Pacheco, A. (2016). *Utilidad de los vehículos aéreos no tripulados en la búsqueda y triaje de personas en situación de catástrofe*. Guadalupe: Universidad Católica de Murcia.

- Ramos Gálvez, J. (2017). *Aplicación para la toma de datos de contexto para un UAV basado en raspberry y ardupilot*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Restas, A. (2015). *Drone Applications for Supporting Disaster Management*. Budapest: Institute of Disaster Management, National University of Public Service.
- Saldarriaga Barrientos, A. (2021). *Empleo de Drones para la gestión de riesgos y desastres en las unidades multipropósito del ejercito del Perú*. Lima: Escuela militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”.
- Shahrulnizam Idy, M., y Mastura Mohd Saleh, S. (2021). *Study on UAV performance using ECalc*. Parit raja: Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM).
- Torres Paz, S. D., Pinzon Gutierrez, L. F., Calvache Fajardo, J. M., Galeano Garcia, A., Sanin Montoya, G. A., y Sanchez Carabali, D. D. (2017). *Análisis de la Gestión del Riesgo en los Planes de Desarrollo Municipales y Departamental 2016-2019 en el Valle del Cauca*. Santiago de Cali: Gobernación del valle del Cauca.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronautica Civil. (2019). *RAC 04 Normas de Aeronavegabilidad y operacion de aeronaves*. Bogotá: Unidad Administrativa Especial de Aeronautica Civil.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2020). *RAC 91 Reglas generales de vuelo y operación*. Bogotá: Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.
- United States Agency International Development. (2012). *Curso básico sistema de comando de incidentes*. United States Agency International Development.
- United States Agency international development. (s.f.). *Curso SCI sistema comando de incidentes*. San Jose de Costa Rica: United States Agency international development.
- Yadav, S., Sharma, M., y Borad, A. (2017). *Thrust efficiency of Drones (quadcopter) with different propellers and there payload capacity*. Malasya: international journal of aerospace and mechanical Engineering.

**Diagramación y Diseño:**  
*Paola Andrea Bolaños Dorado*  
Correo: paola6553@gmail.com  
Cel: (+57) 323 595 57 51

Este libro fue diagramado utilizando fuentes tipográficas Literata en sus respectivas variaciones a 10 puntos para el contenido y Open Sans para títulos a 12 pts. Para los capitulares se usó Open Sans Extrabold a 18 pts.

Impreso en el mes de diciembre de 2022.  
200 ejemplares  
**Just Services S.A.S**  
Av. Carrera 19 # 97-31  
Oficina 503, Bogotá, Cundinamarca  
Colombia  
Cel: (57+) 300 760 2388



La Fuerza Aérea Colombiana diseña su estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial al 2042, movilizando un país a retomar la carrera aeroespacial y visualizar en mencionado sector múltiples oportunidades, razón por la cual el programa de Administración Aeronáutica de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” en trabajo colaborativo con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Santiago de Cali, generan diferentes líneas de investigación que nos permiten contar hoy con esta publicación científica.

Un aporte importante de esta obra es que busca hacer que la explotación del sector aeroespacial tenga expectativas lucrativas, lo que la hace sostenible en el tiempo, porque no solo dependerá del presupuesto del Estado, sino que se hace atractiva para la empresa, para la universidad y para la sociedad, quien en últimas recibe los aportes sociales, económicos y de innovación que se generen en el sector. Además de soportar la investigación, los enfoques y metodologías de los estudios servir de referentes para extrapolarlos para un estudio a profundidad de otros sectores del país, brindando soluciones a lo que la sociedad necesita creando así oportunidades para construir.

FUERZA AÉREA  
COLOMBIANA



ASÍ SE VA A LAS  
ESTRELLAS



VIGILADA  
MINISTERIO DE EDUCACIÓN



EDITORIAL

ISBN: 978-958-53777-6-9



9 789585 377769